

RICARDO GARCIA-GONZALEZ

ESTUDIO DEL
CRECIMIENTO
POSTNATAL EN
CORDEROS DE RAZA
RASA ARAGONESA
ECOTIPO
ANSOTANO

13

«Colección de Estudios Altoaragoneses»

INSTITUTO DE ESTUDIOS ALTOARAGONESES
(C.S.I.C.)

(DE LA EXCMA. DIPUTACION PROVINCIAL)
HUESCA

«Colección de Estudios Altoaragoneses», 13

Director: Antonio Durán Gudiol

Redacción y Administración:

Instituto de Estudios Altoaragoneses
C/. Duquesa de Villahermosa, 4
22001 HUESCA

**ESTUDIO DEL CRECIMIENTO POSTNATAL EN
CORDEROS DE RAZA RASA ARAGONESA
ECOTIPO ANSOTANO**

RICARDO GARCIA-GONZALEZ

ESTUDIO DEL CRECIMIENTO POSTNATAL EN
CORDEROS DE RAZA RASA ARAGONESA
ECOTIPO ANSOTANO



Excm. Diputación Provincial
HUESCA

Composición: Charo MARTIN RODRIGUEZ
Corrector de Estilo: M^a. Teresa SAS BERNAD
ISBN: 84-404-0472-7
Depósito Legal: Z. 2007-87

Cometa, S.A. — Carretera de Castellón, Km. 3,400 — Zaragoza

A mis padres.

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCION.....	13
2. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL BIOLOGICO ESTUDIADO....	17
2.1. <i>Características morfológicas de la raza: origen y diversificación</i>	17
2.2. <i>Ambito y sistemas de explotación del ecotipo Ansotano</i>	22
2.3. <i>Material estudiado</i>	25
a). Características del rebaño y su gestión	25
b). Animales utilizados	27
c). Alimentación	30
2.4. <i>Tratamiento básico de los datos</i>	32
3. CRECIMIENTO PONDERAL.....	35
3.1. <i>Peso de los adultos</i>	36
3.2. <i>Curva de crecimiento de los corderos estudiados</i>	38
4. ESTUDIO DEL EXTERIOR (MORFOLOGIA).....	45
4.1. <i>Medidas externas</i>	45
a). Metodología.....	46
• Definición y error de las medidas externas.....	46
• Datos obtenidos, modelos generales de crecimiento y explicación del modelo de von Bertalanffy	50

• Aplicación de distintas funciones a los datos y justificación de la elección del modelo	63
b). Resultados y discusión: aplicación del modelo de von Bertalanffy al crecimiento de las medidas externas	71
c). A modo de conclusión.....	86
d). Análisis alométrico.....	89
e). Índices.....	99
4.2. <i>Piel y superficie</i>	104
4.3. <i>Crecimiento de la lana</i>	112
a). Metodología general.....	112
b). Contenido en grasa.....	113
c). Finura.....	116
d). Medulación.....	123
e). La medulación durante el crecimiento.....	128
f). Conclusiones.....	131
5. CRECIMIENTO DE LOS ORGANOS Y DE LOS SISTEMAS	133
5.1. <i>Antecedentes</i>	133
5.2. <i>Métodos</i>	139
a). Animales utilizados.....	139
b). Criterios para la elección del momento de sacrificio.....	142
c). Situación de los animales sacrificados en la curva general de crecimiento	144
d). Sacrificio y despiece.....	146
e). Pérdidas de peso durante la disección.....	151
f). El contenido del aparato digestivo como causa de variación del peso vivo	154
5.3. <i>Resultados y discusión</i>	160
a). Diferencias en el desarrollo según el sexo.....	186
b). Variables de crecimiento continuo y discontinuo.....	194
c). Evolución de los elementos corporales del primer despiece	201
d). El crecimiento de los principales órganos y aparatos.....	219
• Organos no pertenecientes al aparato digestivo.....	219
• Aparato digestivo.....	226
• Evolución ponderal con cambios en los coeficientes de alometría	240
e). El crecimiento de los sistemas	242
• Sistema nervioso.....	244

• Sistema óseo.....	245
• Sistema muscular (carne).....	251
• Reservas adiposas controladas.....	255
• Resumen de la evolución de los tejidos y otros elementos anatómicos durante el primer año	260
5.4. <i>Síntesis y ensayo de interpretación global del crecimiento alométrico de órganos y sistemas</i>	263
a). Comparación con otros estudios.....	263
b). Crecimiento en superficie.....	267
c). Ensayo de interpretación fisiológica del crecimiento alométrico de órganos y tejidos	269
6. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	275
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	283
8. INDICE DE TABLAS.....	301
9. INDICE DE FIGURAS.....	303

NOTA PRELIMINAR

El presente libro constituye una parte de la tesis doctoral del autor, que fue acabada de redactar en setiembre de 1980. Originalmente incluía un capítulo final en el que se exponía el estudio del crecimiento del esqueleto, a partir del material utilizado en los capítulos precedentes. Dicho apartado fue publicado en forma de trabajos independientes, cuyas referencias se encuentran en la bibliografía citada al final de la obra (GARCIA-GONZALEZ 1981 a, b, c, d; 1986). Tampoco se incluye un apartado que se refiere al estudio particular de la cabeza, especialmente al crecimiento y desarrollo del encéfalo, cristalinos y dentición, el cual está siendo reelaborado para su posterior publicación. El lector interesado en completar dichos aspectos puede consultar los trabajos referidos o solicitarlos al autor.

Por otra parte, debido al tiempo transcurrido entre la redacción y la publicación, el lector puede advertir una falta de referencias bibliográficas recientes (posteriores a 1980). La actualización hubiera obligado a una nueva redacción en la que se incluyeran y discutiesen los nuevos trabajos. Dado que los resultados y la metodología se consideran en plena vigencia, se ha optado por respetar la redacción original, realizando algunas correcciones mínimas de estilo o añadiendo unas pocas citas que se han considerado oportunas. Los interesados en el ovino Raso Aragonés pueden consultar una exhaustiva recopilación bibliográfica, editada recientemente por el Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes de la Diputación Ge-

neral de Aragón, realizada por D. Ramón Grasa Grasa, en la que podrán encontrar los trabajos realizados en éste y otros campos hasta 1985.

Por último, quisiera aprovechar estas páginas para expresar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos miembros del Instituto Pirenaico de Ecología (C.S.I.C., Jaca), que de una manera u otra han contribuido a la elaboración de este trabajo. Especialmente quiero agradecer a D. Enrique Balcells su ayuda y asesoramiento y a M^a Angeles Ortas, Alvaro Gairin y Eugenio de Mingo, su valiosa colaboración, sin la cual no hubiera sido posible la realización de este estudio.

Junio 1986

1. INTRODUCCION

Las razas ganaderas autóctonas constituyen uno de los patrimonios con los que cuentan las naciones dentro del conjunto de sus recursos vivos. Ello es así porque cada raza representa el resultado de un largo proceso de selección y adaptación, dirigido por el hombre, con la finalidad de conseguir los animales mejor adaptados y más productivos dentro de unas condiciones ambientales determinadas. En nuestro país, hasta época muy reciente, ha habido una cierta desatención en cuanto al estudio, conservación y promoción de nuestras razas ganaderas. El presente trabajo trata de contribuir, aunque sea parcialmente, a la resolución de esta problemática, estudiando exhaustivamente las características anatómicas y funcionales de una variedad de entre las mencionadas razas autóctonas: el ovino Raso Aragonés Ansotano.

Para ello, se ha elegido uno de los procesos biológicos de carácter más dinámico y que más interesan al hombre desde el punto de vista productivo: el crecimiento. Así pues, el objeto fundamental de la presente monografía consiste en la descripción detallada del crecimiento postnatal, durante el primer año de vida, del ecotipo Ansotano de la raza Rasa Aragonesa, atendiendo tanto a su conjunto como a la evolución de las distintas partes.

El estudio del crecimiento y desarrollo se ha realizado según dos perspectivas distintas pero complementarias: una, atendiendo al peso vivo y

a la morfología externa (cap. 3 y 4) con el animal *in vivo*; y otra, atendiendo a la anatomía interna (cap. 5) a partir de la disección *post-mortem* de una serie de animales en distintos estadios del crecimiento.

Un estudio como el que aquí se presenta posee una doble vertiente en cuanto a su interés:

Por un lado, permite abordar el estudio de una raza ganadera en el marco clásico de la zoología, suministrando de esta forma importantes datos de tipo básico o especulativo. En definitiva, se trata de un estudio de anatomía comparada donde los individuos que se comparan son animales en crecimiento, lo cual permite una interpretación funcional de los cambios observados. El estudio comparativo entre órgano y función (anatomía somatométrica y fisiología) y su proyección ambiental es una línea de investigación fructífera, que permite indagar sobre el carácter adaptativo de los cambios anatómicos. Además, el modelo aquí expuesto puede ser de interesante ayuda para su ulterior extrapolación a los ungulados salvajes (GOLLEY & BUECHNER, 1968).

Por otra parte, cabe destacar el interés de los aspectos aplicados a partir de un estudio de este tipo. El conocimiento de las bases biológicas sobre las que se asientan los cambios de las proporciones de aquellos componentes corporales que interesan al hombre (hueso, músculo, grasa y lana) durante el crecimiento, es de gran utilidad, no sólo en cuanto a los aspectos de la mejora racial, sino desde el punto de vista del simple aprovechamiento.

Conviene destacar también la sorprendente y relativa escasez de estudios sobre el crecimiento en la especie ovina que se prolonguen más allá del tercer mes de vida. Ello se debe a que el período de explotación comercial suele finalizar a esa edad. Esta situación produce un vacío de conocimientos en las fases intermedias del crecimiento, que son de gran importancia para el desarrollo adecuado de los adultos. En este trabajo, se concentra la atención en aquella fase que comprende desde el nacimiento al estado subadulto, muy poco antes, o ya dentro del inicio del período de reproducción, tanto para el macho como para la hembra. Algunos borregos estudiados alcanzaron tallas superiores a las de los verdaderos adultos, situándose dentro de los límites de variabilidad de éstos. Esta circunstancia se produjo fundamentalmente por las condiciones de crianza a las que estu-

vieron sujetos los individuos de la muestra seleccionada, y que comentaré brevemente a continuación.

La evolución de un organismo en el transcurso del crecimiento presenta un doble componente: *genético* (en cuanto a capacidad congénita de reacción) y *ambiental* (circunstancias tróficas y bióticas en general, sumadas a la influencia de los factores físicos). Para poner de manifiesto tal dualidad, se requiere: o bien un estudio comparado de la capacidad de reacción frente a un ambiente similar (recursos genéticos), o bien, detectar la influencia de varios factores ambientales (incluyendo los alimentarios), frente a idénticos recursos genéticos. El presente trabajo se dedica más bien a conocer los recursos genéticos de una raza, dedicando especial atención a la etapa vital del crecimiento postnatal. Por esta razón, se ha procurado mantener a los animales en circunstancias físicas homogéneas y en condiciones alimentarias óptimas, a base principalmente de estabulación permanente y alimentación *ad libitum* (ver cap. 2.3.).

Así, esta situación adquiere en nuestro caso un doble sentido: por un lado, se ha tratado de fijar la variable ambiental más importante que actúa sobre el crecimiento de los animales domésticos, en unas condiciones que además son fácilmente reproducibles. Por otra parte, el nivel de alimentación "óptimo" presupone la intención de que los animales que se estudian manifiesten con la mayor amplitud posible la potenciabilidad de sus recursos genéticos.

Finalmente, y dado que el término "crecimiento" se utiliza a menudo con múltiples acepciones, conviene precisar aquí cuál es el sentido que se le da en el presente estudio. Cuando un organismo crece (sobre todo los de crecimiento limitado), en realidad se operan en él dos tipos de fenómenos:

- a) Un incremento en peso y volumen en el transcurso del tiempo, que es lo que en sentido más estricto se considera *crecimiento* (cuantitativo). Para estudiarlo, se aplican principalmente las curvas generales de crecimiento, que establecen relaciones entre el incremento de una dimensión en función del tiempo. Existen varios modelos: logístico, de Gompertz, de von Bertalanffy, etc. (este último ha sido el utilizado en el capítulo 4.).

- b) La modificación de las proporciones en las diversas regiones morfológicas, órganos y sistemas normalmente relacionados con procesos fisiológicos, y que finaliza cuando se alcanza el estado adulto (o estable, según von Bertalanffy). Este cambio de proporciones se debe a que las distintas partes del organismo crecen de manera desigual, es decir, presentan un crecimiento relativo. Algunos autores como HAMMOND (1966) denominan a este proceso desarrollo postnatal. Otros, como ALCOBE Y PREVOSTI (1950), lo llaman simplemente crecimiento diferencial. Desde hace tiempo, se dispone precisamente de un instrumento matemático adecuado, que permite cuantificar e interpretar correctamente los procesos relacionados con el crecimiento diferencial. Dicho instrumento es el método alométrico, el cual se ha utilizado extensamente en este estudio.

Así pues, en la presente monografía se emplea el término *crecimiento* más bien en un sentido amplio, como algo que experimenta un aumento con el tiempo. Asimismo, se utiliza el término *desarrollo* de una manera genérica, como algo que experimenta un cambio de cualidad durante el crecimiento.

2. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL BIOLOGICO ESTUDIADO

2.1. *Características morfológicas de la raza: origen y diversificación*

De los 16 millones de cabezas de ovino que había en España en 1974, casi 2 millones pertenecían a la raza Rasa Aragonesa, representando un 11'6% del censo total (Ministerio de Agricultura, 1974). Su área de difusión comprende casi totalmente las regiones de Aragón y Cataluña, por lo que esta raza cuenta con una entidad cuantitativamente importante dentro del panorama ovino nacional.

APARICIO (1960) define de la siguiente manera las características generales de la raza:

"Conformación general correspondiente a un tipo subconvexo, eumétrico, con tendencia a la braquimorfosis, y de gran poder reaccional, debido a su amplio grado de heterosis. Cabeza generalmente mocha, y más bien agrandada en sus proporciones; perfil convexo, depresión en la sutura fronto-nasal; orejas pequeñas y divergentes. Cuello alargado y musculoso, desprovisto de papada. Dorso algo entrante. Tronco cilíndrico y potente, de costillares arqueados y vientre bien proporcionado. Grupa derribada con nacimiento bajo de la cola y extremidades, en general, acuminadas, como corresponde a su silueta cirtoide.

Lana de tipo entrefino; el vellón es muy compacto ("raso") y recubre el cuello, tronco, grupa, piernas y antebrazos, dejando al descubierto la cabeza, axilas, bragadas y extremidades desde rodillas y corvejones".

Sin embargo, SANCHEZ BELDA Y SANCHEZ TRUJILLANO (1979) piensan que el calificativo de "rasa" es impropio, ya que dentro de la raza aragonesa existen dos variedades: una de lana corta (rasa) y otra de lana larga (pirenaica).

En cuanto a las características de peso y medidas zoométricas, se discuten en los capítulos 3 (Crecimiento ponderal) y 4 (Medidas externas) respectivamente, a los cuales remito.

El problema de su origen racial, así como el de su diversificación, ha sido abordado por numerosos autores, y aún hoy continúa sin estar totalmente esclarecido, como en el resto de razas autóctonas. A este respecto, puede ser útil recordar que

"la presencia de determinada especie en un ecosistema, no sólo requiere una explicación «autoecológica», que suele consistir en una interpretación en términos de adaptación de las características morfológicas y fisiológicas de la especie, que le permiten sobrevivir bajo las condiciones locales de aquel ambiente, sino también una explicación de tipo «histórico» relativa a la concatenación de acontecimientos que han hecho posible la llegada allí de aquella estirpe, o la evolución de una forma de organización preexistente hasta conducir a la observada" (MARGALEF, 1974, p. 235).

Lo dicho para el nivel de especie es igualmente válido para el de raza y variedades. Precisamente cuando nos referimos a razas ganaderas, el factor "histórico", en su acepción más plenamente humana, cobra una importancia singular en el esclarecimiento del posible origen; hecho que no ha sido olvidado por muchos de los autores que han abordado este problema (BALCELLS, 1976; FILLAT, 1980a; LASIERRA, 1974).

Así pues, parece que la raza Rasa Aragonesa se encontraría ya diferenciada poco después de la Reconquista, tal vez con posibles emparentamientos con el Merino (BALCELLS, 1980), aunque posiblemente podía ha-

ber existido como núcleo independiente antes de esta época. SANCHEZ BELDA y SANCHEZ TRUJILLANO (1979) agrupan todas las razas españolas en cuatro troncos originales: merino, ibérico, churro y entrefino. Según ellos, la raza Rasa Aragonesa sería un primitivo representante del tronco entrefino original, y parece que ciertos resultados, fruto de la aplicación de métodos más modernos (polimorfismos bioquímicos), avalan esta afirmación.

Aparte de vicisitudes históricas que permiten conjeturas acerca de la presencia de la raza en su territorio, no cabe duda de que existen también una serie de factores adaptativos (ecofisiológicos) que han actuado sobre ella y que propician su diversificación en variedades o ecotipos. Hasta ahora, la caracterización de tal diversificación se ha basado en caracteres morfológicos, distinguiéndose los siguientes ecotipos dentro de la raza:

- *Ecotipo Genuino*: es el más ampliamente extendido y al que se le asignan los caracteres morfológicos distintivos de la raza (1.100.000 cabezas en 1970, según RODRIGO, 1970).
- *Ecotipo Monegrino*: se extiende por el área de los Monegros (este-poide aragonés) y se le supone adaptado al pasto ligeramente salino de esa zona; posee el tamaño más pequeño (200.000 según RODRIGO, 1970; 150.000 según SANCHEZ B. y SANCHEZ T., 1979).
- *Ecotipo Ansotano*: en los valles de Ansó, Echo, Canfranc, Canal de Berdún, Bailo y Campo de Jaca. Tradicionalmente en régimen trashumante (normalmente pasando el verano en puertos altos del Pirineo). Buena calidad de lana (90.000 cabezas según RODRIGO, 1970; 300.000 según SANCHEZ B. y SANCHEZ T., 1979).
- *Ecotipo Turolense*: provincia de Teruel; suele tener mayor alzada a la cruz y menos lana que los anteriores. Sus pesos son similares al Ansotano (ver más adelante cap. 3), pero es más largo de patas.

Estos serían los ecotipos fundamentales. Algunos autores distinguen más, pero otros los consideran como grupos étnicos independientes. Así:

- *Raza o subraza Maella*: restringida al municipio de ese nombre, con muy pocos efectivos en la actualidad. Nasales muy abultados, tamaño

grande y lana muy escasa. Característica: la presencia de zarzillos o "mamellas" (LOPEZ SEGURA, 1947).

- *Ojalada*: se extiende por parte de las provincias de Teruel (donde se las llama "fardascas"), Tarragona, Guadalajara y Soria (SANCHEZ B. y SANCHEZ T., 1979, p. 409). Con manchas negras centrífugas irregulares, en orejas, alrededor de los ojos, morro y partes distales de las extremidades. Perfil convexo. Según los autores indicados, serían los descendientes directos del tronco ibérico (ovinos "serranos"). Unas 300.000 cabezas en 1970.
- *Roya bilbilitana*: raza de color negro con tintes rojizos, que se extiende por los alrededores de Calatayud (valle del Jalón). Unas 50.000 cabezas (RODRIGO, 1970). Algunos la consideran una variedad negra de la Rasa Aragonesa (APARICIO, 1960), otros la identifican como negra castellana (SANCHEZ B. y SANCHEZ T., 1979).
- Por último, cabría considerar el *ecotipo Roncalés* (valles de Salazar y del Roncal) de la Rasa Aragonesa, que en realidad se trataría de una Ansotana con lana en la parte superior de la cabeza: "moñudas" según PUIGDEFABREGAS y BALCELLS (1966), aunque la verdad es que en la actualidad apenas se ven ejemplares con tal característica, pero permanecen en el "recuerdo" de una manera formal.

Catalogar los grupos mencionados como *ecotipos* de la raza Rasa Aragonesa significa la asunción de que tal diversificación morfológica responde a una adaptación ambiental al variado mosaico ecológico que dicha raza ocupa. En realidad, la demostración de tal hipótesis supone la verificación de experiencias ecofisiológicas relativamente complejas (HAFEZ, 1968), que en rigor aún no han ido emprendidas en la actualidad¹.

Todo esto se menciona ante la eventualidad de posibles escrúpulos a la hora de catalogar como *ecotipos* a los grupos descritos, en lugar de considerarlos como expresiones de la fenogénesis en ambientes diversos. Sin embargo, la utilización del concepto de *ecotipo* para designar las

¹ Precisamente uno de los aspectos de la presente monografía consiste en la detección de posibles respuestas funcionales, que pueden ser adaptativas, a través de un estudio metódico de la anatomía y su evolución durante el crecimiento.

diferentes variedades de la raza se ha visto reforzada recientemente por una serie de investigaciones sobre polimorfismos bioquímicos emprendidas por el Departamento de Genética de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza.

Así, por ejemplo, LASIERRA (1974), a partir de las frecuencias génicas del polimorfismo hemoglobina, diferencia para esta raza, desde el punto de vista bioquímico, los mismos ecotipos que los establecidos según la clasificación morfológica.

Trabajos más recientes permiten incluso formular hipótesis acerca de las relaciones filogenéticas que pueden existir entre los ecotipos de Rasa Aragonesa y otras razas. VALLEJO y col. (1978), basándose en los polimorfismos bioquímicos siguientes: potasio eritrocitario, hemoglobina, albúmina y transferrina, estudiando en los ecotipos Monegrino, Genuino y Turolense de la Rasa Aragonesa y las razas Manchega y Merina, llegan a las siguientes conclusiones:

- La distancia genética entre los tres ecotipos de Aragonesa es más grande que entre éstos y las otras dos razas; lo cual es demostrativo de que tales ecotipos están perfectamente diferenciados bioquímicamente.
- Existen relaciones entre el ecotipo Turolense y la raza Manchega, así como entre el ecotipo Genuino y el Merino; sin embargo no existe relación entre el ecotipo Monegrino y la raza Merina (frecuentemente admitida).
- De esta manera, deducen que una de las razas más primitivas de España es la Merina, pero también que la Rasa Aragonesa podría ser una forma convexa primitiva sin mestizar (independiente). Se sugiere que el ecotipo Monegrino podría haber originado toda la raza aragonesa.
- Se especula también con el hecho de que el ecotipo Turolense haya podido influir en la formación de la raza Manchega (más que al contrario).

Desafortunadamente, todavía no se han publicado estudios que incluyan relaciones genéticas para el ecotipo Ansotano; sin embargo, no sería

sorprendente que se encontraran posibles relaciones con el Monegrino², considerado como el más primitivo. BALCELLS (1976, p.58) sugiere la incorporación de la Rasa Aragonesa a los valles pirenaico-occidentales, a partir del complejo "palomo" asentado en la Ribera del Ebro, a fines de la Edad Media, estableciéndose la trashumancia descendente a "expensas" y posterior a la ascendente.

2.2. Ambito y sistemas de explotación del ecotipo Ansotano

Como se ha dicho anteriormente, el material animal utilizado en el presente trabajo corresponde al ecotipo Ansotano de la raza Rasa Aragonesa. Dicho ecotipo ocupa los valles de Ansó, Echo, Aragüés, Aísa, Canfranc y Acumuer, perpendiculares a la cadena pirenaica en su extremo occidental. Podrían incluirse los valles de Salazar y Roncal (Navarra), si se considera al ecotipo Roncalés como homólogo del Ansotano. Se extiende además por toda la Depresión Media (Canal de Berdún, Campo de Jaca) y llega a alcanzar buena parte de las Sierras prepirenaicas (Santo Domingo, Santa Bárbara, San Juan) prácticamente hasta el Somontano.

La descripción fisiográfica y ecológica de este amplio y variado territorio ha sido objeto de numerosas monografías y trabajos, desarrollados principalmente por el Centro Pirenaico de Biología Experimental y por el Instituto de Estudios Pirenaicos, lo cual exime de profundizar en tales características. Muy esquemáticamente, se puede decir que nos encontramos ante una variación altitudinal que va desde los 600 a los 2.800 metros; un dominio de la vegetación que incluye desde el submediterráneo hasta las comunidades del piso alpino (MONTSERRAT, 1971), sin olvidar la explota-

² En 1983 se publicó un estudio realizado por investigadores del Departamento de Genética mencionado: ALTARRIBA, J. y LAMUELA, M., *Perspectivas filogenéticas de la Rasa Aragonesa. Su relación con otras razas ovinas españolas*, "Temas aragoneses". Diputación Provincial. Institución "Fernando el Católico". Zaragoza, 1983, 129 pp. En dicho estudio sí se consideraban las relaciones filogenéticas del ecotipo Ansotano. Según los autores, este ecotipo presentaría afinidades con el Turolense, cuyo tronco común se encontraría notablemente distanciado del Manchego y el Monegrino; este último, al parecer, emparentado con las razas lecheras españolas (?). Sus conclusiones parecen, pues, contradictorias con el artículo de VALLEJO y col. (1978) comentado, y posiblemente se requieran posteriores estudios para dilucidar el tema. (Para un comentario más amplio del libro de ALTARRIBA y LAMUELA, ver la reseña realizada por GARCIA GONZALEZ, R., publicada en "Jacetania", nº 105, agosto 1983).

ción del estepoide aragonés (ontinares, saladares y sabinars, MONTSERRAT, 1966) de la Ribera del Ebro, en el caso de los rebaños trashumantes.

Desde el punto de vista climático, se trata de un territorio donde entran en conflicto dos tipos de clima bien definidos: el subcantábrico montaño (atlántico) y el submediterráneo continental (PUIGDEFABREGAS, 1966). A este carácter de zona de transición hay que añadir las variaciones altitudinales y topográficas, que complican la situación. Por lo que respecta a la geología, el panorama no resulta menos complejo, ya que puede encontrarse una variada gama, desde los primitivos materiales de la zona axil hasta los recientes sedimentos cuaternarios en las cuencas fluviales (SOLER y PUIGDEFABREGAS, 1972).

Lo antedicho pone en evidencia la marcada heterogeneidad del biotopo en el que se desenvuelve la oveja Ansotana³. Por su parte, el hombre de la montaña ha sabido integrar toda esta diversidad, desarrollando unos sistemas de explotación ganadera muy adaptados al ambiente en el que ha vivido durante siglos. De esta manera, a pesar de la dureza y heterogeneidad del medio, "los pueblos ganaderos en el Pirineo oscense han desarrollado modos de explotación adecuados a sus paisajes" (FILLAT, 1980b). Esto nos lleva a considerar el régimen de la explotación ovina del ecotipo Ansotano.

El sistema de explotación y los ciclos de los ovinos pirenaicos, y en especial del ovino Raso Aragonés, han sido objeto de profundo estudio en numerosos trabajos que no deben eludirse. Así, por ejemplo, desde diversos aspectos han sido tratados en las siguientes memorias doctorales: BATTLE, 1974; CALVO-PALACIOS, 1969 (Trabajo de Licenciatura); CAVAILLES, 1931; DAUMAS, 1977; FILLAT, 1980a; GARCIA-RUIZ, 1976, y GOMEZ-IBAÑEZ, 1972. Por su importancia, deben destacarse además los siguientes trabajos relacionados con el tema: BALCELLS (1976 y 1980); BALCELLS y PUIGDEFABREGAS (1967); CALVO-PALACIOS Y COL. (1971); DUNBAR (1975); FILLAT (1980b); GALLEG0 (1966); GARCIA-RUIZ (1974); GARCIA-RUIZ y col. (1971); MONTSERRAT (1978); OCAÑA (1978); PUIGDEFABREGAS y BALCELLS (1966 y 1970); SIERRA (1974); VALENZUELA (1968); VERA y VEGA (1964).

³ El lector encontrará mayor información de todos estos aspectos en la bibliografía citada en este apartado.

Como en el caso anterior, debido a que el tema ha sido extensamente tratado, tan sólo se hará aquí una breve exposición sintética.

El sistema de explotación tradicional de los ovinos ansotanos, aunque no el único, ha sido el sistema trashumante. Dicho régimen se basa principalmente en el desequilibrio que se produce entre el valle y el puerto⁴, en cuanto a recursos energéticos se refiere. La escasez de alimentos durante el invierno, sobre todo en valles angostos (Ansó), impone una migración estacional hacia el llano (Ribera del Ebro, Hoya de Huesca, ...) en busca de tales recursos. Ello trae como consecuencia formas peculiares en el manejo de los rebaños, principalmente en la reproducción⁵, y además, incide de forma determinante en los hábitos y costumbres de los pueblos que los explotan. La modalidad trashumante que se practicaba en la región puede catalogarse como descendente o inversa, y se tienen vestigios de tal práctica por lo menos desde finales de la Edad Media.

El ciclo anual aproximado de los ovinos trashumantes consiste en: permanencia desde julio a setiembre (3 meses) en los puertos de alta montaña; los meses de mayo, junio y octubre (3 meses) son períodos de tránsito, en los cuales los rebaños ocupan pastos de montaña media (bajantes y aborrales), más o menos alejados de los núcleos de residencia; durante el invierno, noviembre a abril (6 meses), aprovechan los montes y campos de la Depresión del Ebro, pudiendo ser estos últimos de secano o regadío según la variante (PUIGDEFABREGAS y BALCELLS, 1966).

En el ciclo antiguo, se obtenía un solo parto, en diciembre, aunque más modernamente surgen otras modalidades, que incluso obtienen dos partos anuales (CALVO-PALACIOS y col., 1971).

El sistema trashumante estaba ligado a la presencia de grandes rebaños y fuertes propietarios. Además se sustentaba en una organización social compleja (GARCIA-RUIZ, 1976), mano de obra abundante y barata, y posibilidad de encontrar pastos a bajo costo durante 7 meses, en el llano. La desaparición de tal estructura casi permite considerar este sistema como

⁴ Puerto: Estivaderos de alta montaña, formados por pastos de buena calidad en el dominio alpino y subalpino. "Pasto ansotano" de P. MONTSERRAT (1971).

⁵ El objetivo consiste en lograr que los partos no tengan lugar fuera de tierrabaja, ni sea necesario subir los corderos a puerto, como no sea poco antes de la matanza veraniega ("borregariles" de Ansó, situados en laderas con mejores pastos).

un recuerdo histórico, a la vez que está determinando el declive del ganado lanar pirenaico, en plazo breve (GARCIA-RUIZ y BALCELLS, 1978).

Los menguados rebaños que se encuentran en la actualidad practican casi exclusivamente el sistema estante. Dicho sistema se basa en el aprovechamiento de los pastos de altura (puertos) durante el verano, y en la permanencia en las cercanías del pueblo, el resto del año; ya sea en régimen de pastoreo, de semiestabulación o de estabulación completa. Existen también rebaños (normalmente con reducido número de cabezas) que ni siquiera suben a puerto en el período estival. Normalmente, ocupan la Depresión Media prepirenaica, y están más vinculados al aprovechamiento del cereal (utilización de rastrojeras).

Las variantes en cuanto a manejo, ciclos y rendimientos son muy numerosas, y suelen estar relacionadas con el número de cabezas, por lo que resulta difícil establecer un esquema unitario. Una de las modalidades más extendidas en cuanto al manejo reproductor consiste en la obtención de tres partos cada dos años (la oveja que pare dos veces en un año lo hace una sola vez al siguiente). En la actualidad, se aprecia una tendencia hacia la intensificación con miras a un mayor rendimiento: se procuran dos partos al año, y conseguir el mayor número de corderos por parto; aunque ello deba ir ligado a un aumento de los aportes energéticos, cuidados e instalaciones.

2.3. Material estudiado

a). Características del rebaño y su gestión.

Cuando se seleccionó la muestra objeto de estudio, el rebaño poseía condiciones mixtas en cuanto a sus efectivos y a su gestión; no obstante, la muestra correspondía más bien a un sector de procedencia ansotana garantizada.

Conviene indicar que, en los territorios explotados, se habían introducido ciertos cambios desde su momento originario. El rebaño pertenecía a una pardina de régimen mixto seco-regadío de la Canal de Berdún (Depresión interior altoaragonesa-occidental, ubicada a 600 m.s/M). Buena parte de sus primarios y escasos efectivos se habían adquirido en sierras prepirenaicas, pero muy poco después, alcanzando ya más de 600 ovejas

de vientre, se habían adquirido a ganaderos ansotanos, y, desde luego, así se hizo siempre con los sementales para cubrición. Esas condiciones referidas se habían alcanzado en el transcurso de la campaña de 1968; en tales fechas, las ovejas de vientre parían en la Canal de Berdún en dos etapas: setiembre-octubre y en marzo ("tardanascas"). Allí, se mantenían en régimen semiextensivo, utilizando en verano puertos en el valle de Ansó o en la cabecera del Osia, en territorios de Aragüés del Puerto.

Habiendo crecido ya notablemente el rebaño hacia 1970, se utilizó otro territorio: salvo en las épocas de parto, cría y recría de corderos y recuperación de los mardanos —en que los animales permanecían en la pardina de la Canal de Berdún—, las ovejas de vientre residían en el término próximo y prepirenaico de Longás, aprovechando esas tierras marginales durante el resto del año y subiendo en verano a los puertos de la sierra de Santo Domingo (conglomerados deltaicos), en el mismo término municipal, y aprovechando así formaciones más xeróficas de tipo oro-mediterráneo y calcícola (erizones y pasto estepario subalpinoide de carácter ya más subcantábrico).

Solían concentrarse los partos en dos épocas: setiembre-octubre, y el resto, en primavera (marzo). Pronto se vio que las condiciones climáticas invernales resultaban excesivamente duras, en el sector explotado, para el adecuado desarrollo de las borregas ansotanas, guardadas como bacibo, nacidas en otoño ("se entablaban")⁶. Se corría así el peligro de mantener en exceso una selección tendente al parto tardío en primavera, descalabrándose el más interesante ciclo navideño. Se optó, pues, por la venta de toda la producción para carne, sin guardar corderas para reposición, remozándose periódicamente el rebaño con la adquisición de nuevas borregas criadas en el valle de Ansó⁷. Las tardanascas, en cambio, cara al verano, no sufrían las secuelas del período de escasez. Dicha gestión de partos exclusivamente primaverales es la generalmente mantenida en las sierras prepirenaicas, no permitiendo así situar la producción en el momento más comercialmente favorable, el de fin de año.

⁶ 'Se adelgazaban', 'no crecían a un ritmo deseable'.

⁷ La última adquisición de borregas se realizó a principios de 1975, y la última de mardanos en 1974.

En los momentos en que se seleccionaron las dos muestras aquí estudiadas (1976), el rebaño se había ya conjuntado parcialmente con uno propiedad de Longás, alcanzando la cifra de 800 ovejas. Sin embargo, el régimen de explotación persistió con las mismas características durante todo aquel año, salvo los borregos observados en crecimiento⁸, conforme se relata bajo el próximo epígrafe.

Durante los meses de paridera, las ovejas gestantes se estabulaban, sometiéndose a mejor alimentación complementaria, si bien salían al pasto durante el día. Los corderos se mantenían en establos sin salir al pasto, siendo vendidos aproximadamente a los 3 meses de edad. Desde el atardecer se reunían con las madres. El destete en los ejemplares estudiados se realizó a los 80 días.

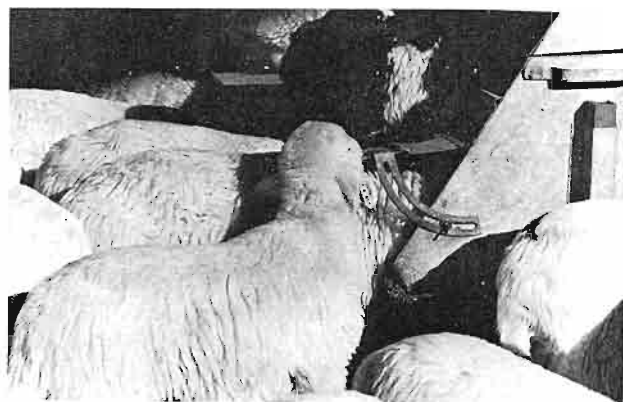
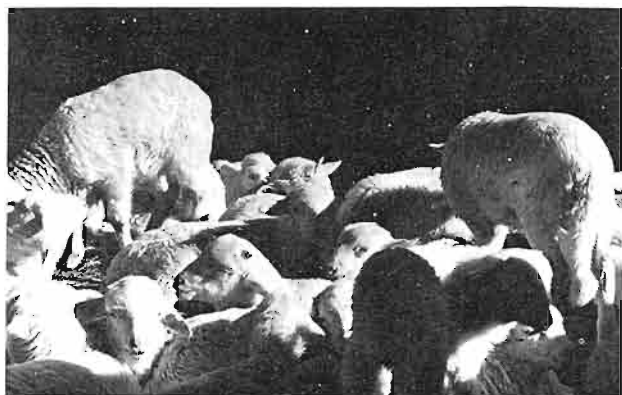
b). Animales utilizados.

Fueron marcados 11 corderos (5 machos y 6 hembras) en la paridera de marzo de 1976, y 17 (9 machos y 8 hembras), en la de octubre del mismo año. Me referiré a ellos como corderos de marzo y corderos de octubre, respectivamente. Todos provienen de partos únicos y fueron elegidos al azar. Permanecieron juntos en el mismo establo, con el resto de los corderos, hasta el momento de la venta de estos últimos (3 meses); por tanto, en condiciones habituales de explotación (véase fotografías Plancha 1).

Con estos animales se llevaron a cabo los controles de peso, en orden a establecer las curvas de crecimiento ponderal (cap. 3). Las pesadas se tomaron a intervalos de 10 días hasta los 2 meses, y a intervalos de 1 mes hasta el año. A la vez que se pesaban, se tomaron las medidas externas y las muestras de lana, utilizadas en pequeña parte para el estudio que se realiza en el capítulo 4. Las medidas externas se tomaron sobre los mismos animales a intervalos de 10 días hasta el mes, y después, a intervalos de 1 mes hasta el año (ver fotografías Plancha 2).

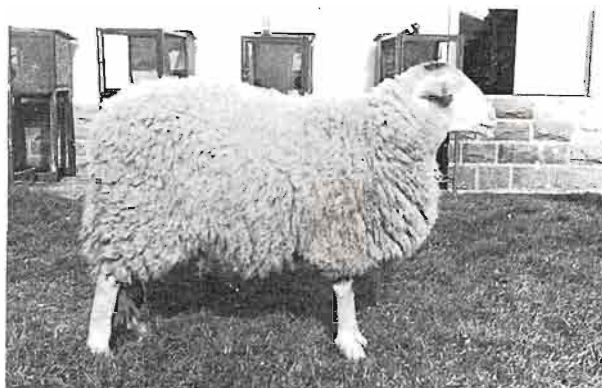
Si se observan las Tablas 3.2 y 4.1.2, donde figuran los datos de las pesadas y medidas externas, puede apreciarse cómo el número de corderos va disminuyendo progresivamente. Esto se debe a que, en los intervalos de

⁸ Después de destetados.



Plancha I.

De arriba a abajo: Aspecto general de los establos. Detalle del interior con corderos de 1 mes. Corderos de 1 mes comiendo pienso compuesto en comederos tipo tolva.



Plancha II.

*De arriba a abajo: cordero macho de 1 mes, hembra de 8 meses,
macho de 8 meses con cuernos.*

tiempo mencionados, se extraía una pareja del lote para llevar a cabo los estudios *post-mortem* del capítulo 5 y del crecimiento del esqueleto (GARCIA-GONZALEZ, 1981 a,b,c y d).

En el apartado de material y métodos del capítulo 5, se describen extensamente las características de tales animales, la numeración utilizada (Tabla 5.1) y el procedimiento experimental seguido con ellos.

Respecto a los animales adultos, se utilizaron 30 hembras y 3 machos para el estudio del peso corporal y medidas externas (cap. 3 y 4), y 2 machos y 3 hembras para los estudios *post-mortem*. Se pudo disponer asimismo de un muflón hembra de 10 meses, originario de la sierra de Cazorla, el cual suministró interesantes datos comparativos⁹.

c). Alimentación.

Hasta los 20 ó 25 días, los corderos se alimentan exclusivamente de la leche materna. A partir de esa edad, y coincidiendo con la erupción de los incisivos (ver apartado 6.1.), son capaces de nutrirse además con otros alimentos sólidos. Entonces se les suministraron piensos concentrados, lo que, en nuestro caso, se hizo mediante comederos-tolva colocados en los establos. Los comederos contenían siempre pienso, por lo que puede considerarse que el consumo de alimentos no maternos fue *ad libitum*.

Los piensos concentrados fueron de dos clases: uno, de lactancia, hasta los 2 meses aproximadamente, y después, un pienso de engorde hasta los 5 meses. Sus fórmulas comerciales figuran en la Tabla 2.1. Durante los primeros meses, el control del consumo de alimentos no pudo realizarse exclusivamente para los animales marcados, y se ha estimado a partir de los consumos globales de todos los corderos: 165 en el caso de marzo y 268 en octubre. Dichas cifras se exponen en la Tabla 2.2, y deben considerarse, pues, como indicativas.

Como puede verse en la Tabla 2.2, hubo determinados períodos de tiempo en que el concentrado se mezclaba con cebada en grano, aproxi-

⁹ Agradecemos a ICONA, y muy especialmente al Sr. J.L. Aboal, la aportación referida de la Reserva de Cazorla.

Tabla 2.1
Fórmulas comerciales de los piensos concentrados suministrados a los dos grupos de corderos.

Características	Corderos de marzo		Corderos de octubre	
	P. Lactación	P. Engorde	P. Lactación	P. Engorde
Proteína bruta	17% mín.	16% mín.	14% mín.	14% mín.
Grasa bruta	3% mín.	3% mín.	3,5% mín.	3,5% mín.
Unidades alim.	100% mín.	85% mín.	90% mín.	90% mín.
Prot. Diges. por U.A.	135 gr.	125 gr.	110 gr.	110 gr.
Fibra bruta	8% máx.	8% máx.	8% máx.	8% máx.
Sustancias minerales	10% máx.	8% máx.	7% máx.	7% máx.
Vitaminas	A y D ₃	A, D ₃ y E	A y D ₃	A y D ₃
Cereales	50%	40%	50%	48%
Leguminosas	--	5%	10%	15%

madamente en partes iguales. Se les proporcionó además heno de alfalfa de buena calidad, agua en cantidad suficiente y sal. El consumo de heno estimado hasta los 90 días fue de 90 y 62 gramos/cordero y día para los corderos de marzo y octubre respectivamente. A los corderos que permanecieron después de los 5 meses (150 días), se les suministró cebada en grano (1 kg. aproximadamente) y heno de alfalfa *ad libitum* (el consumo fue de 3/4 kg. aproximadamente).

En cuanto a la alimentación de las madres durante la lactancia, ésta consistió en 500 gramos de cebada en grano y unos 300 gramos de heno por cabeza y día, para ambos grupos (las que parieron en marzo y las de octubre). A las del grupo de primavera se les empezó a administrar este pienso en el momento en que empezaron a parir, mientras que a las de otoño se les suministró cuando los corderos tenían ya un mes de edad, debido a que por reciente estancia en los puertos estivales se encontraban en mejor estado de carnes.

Tabla 2.2.
Consumo de plensos de los corderos (kg/cordero y día) en distintos períodos de tiempo, separados por paridera.

Corderos de marzo		Corderos de octubre	
Edad (días)	Consumo (kg/cord. y día)	Edad (días)	Consumo (kg/cord. y día)
P. lactación		20-41	0,121 conc.
	20-63		0,124 conc.
		41-62	0,317
			0,193 ceb.
P. engorde			0,257 conc.
	63-95	62-91	0,450
			0,193 ceb.
			0,540 conc.
	96-150	1,0	0,500
		0,5 conc.	0,540 conc.
		0,5 ceb.	0,510 ceb.

conc. = pienso concentrado

ceb. = cebada en grano

2.4. Tratamiento básico de los datos

El estudio del crecimiento de los corderos en sus distintos aspectos (morfológico, visceral y osteométrico) ha sido abordado en la presente monografía, aplicando básicamente ajustes alométricos. El inicio de la aplicación de la función alométrica a estudios sobre el crecimiento se atribuye a HUXLEY (1932). A partir de entonces, es utilizada ampliamente en numerosas disciplinas, presentando múltiples aplicaciones, de las cuales GOULD (1966) realiza una excelente revisión. Ha llegado a convertirse en uno de los modelos matemáticos básicos para la explicación de fenómenos biológicos (BERTALANFFY, 1968).

En el caso concreto que nos ocupa, el método alométrico presenta varias ventajas. Por un lado, amortigua en gran medida las variaciones individuales, que son las responsables en muchos casos de la alteración de los resultados, cuando se utilizan otros métodos, como el proporcional o porcentual, por ejemplo. Los coeficientes de alometría representan, así, una especie de promedio de los ritmos de crecimiento de las distintas dimensiones que se relacionan. Por otra parte, la comparación estadística de dichos coeficientes (según sexos u otro criterio) y la observación de los cambios que pueden producirse en los mismos (relacionados con sucesos fisiológicos notables, ver apartado 5.3.b) permiten manifestar alteraciones en la marcha general del desarrollo que no serían fácilmente detectables a partir de los índices.

Otra de las ventajas de este método consiste en que permite ordenar, según un gradiente de intensidad de crecimiento, diversas variables semejantes o no, lo cual ofrece la posibilidad de establecer precocidades y prioridades de desarrollo en relación con su funcionalidad.

Las variables de referencia utilizadas en el presente trabajo son el peso vivo vacío (sin contenido digestivo) del animal y la longitud del tronco (diámetro longitudinal). La elección de estas dimensiones presenta una ventaja, y es la de que son isométricas entre sí. Esto tiene la utilidad de que el carácter y significado de las alometrías de casi todas las variables que se utilizan en este estudio es aproximadamente el mismo.

El método alométrico es útil cuando se quiere averiguar cuál es la relación existente entre las velocidades de crecimiento de dos dimensiones que se comparan. Sin embargo, no resulta tan adecuado cuando se pretenden conocer las características del crecimiento global de una o varias dimensiones, en relación con el tiempo. Las variables del crecimiento en el tiempo se adaptan a funciones de tipo asintótico (hiperbólicas, y por tanto, de más difícil y complejo estudio). En el capítulo 4, sobre medidas externas, se ha ensayado el ajuste de un modelo de estas características (curvas de crecimiento de Bertalanffy), de uso frecuente en investigaciones pesqueras. Su aplicación al caso de un mamífero en crecimiento creo que puede tener un carácter novedoso, y a la vez satisfactorio. La utilización de tal modelo en este trabajo ha representado también la resolución previa de una serie de problemas de tipo estadístico, tales como: criterios de mejor ajuste, utiliza-

ción de regresiones con varios valores de Y por uno solo de X, ..., que se han considerado de interés y se exponen y discuten en el mismo capítulo.

Finalmente, debe decirse que los *test* estadísticos utilizados, así como los criterios matemáticos que se han seguido en la monografía están basados en las siguientes obras: SIMPSON & ROE (1939); BISHOP (1966); BATSCHELET (1978) y SOKAL & ROHLF (1979).

Conviene advertir también que durante todo el trabajo se utilizan los signos de uso frecuente, para designar el nivel de significación alcanzado en un *test* estadístico determinado. Tales signos son:

- + = significativo al nivel de probabilidad del 0,05
- ++ = significativo al nivel de probabilidad del 0,01
- +++ = significativo al nivel de probabilidad del 0,001

En el texto se omite la explicación de esta simbología, por razones de espacio o comodidad.

3. CRECIMIENTO PONDERAL

La raza Rasa Aragonesa posiblemente sea el ovino ibérico más extensamente estudiado. Según GRASA (1980), existen hasta la fecha más de 500 trabajos científicos que tratan sobre ella. Gran parte de dichos trabajos se refieren al crecimiento ponderal de los corderos, considerado desde diversos aspectos. Entre ellos, cabe destacar por su importancia los relacionados con la explotación comercial: COLOMER y ESPEJO (1973), ESPEJO y COLOMER (1971a, b y c), ROMAGOSA (1964), SIERRA (1970a, 1973, 1974a), ZARAZAGA y VERA y VEGA (1960), entre otros; y los relacionados con el cruce industrial: COLOMER y ESPEJO (1971), ESPEJO, CALVO y DESVIGNES (1973), ESPEJO y VALLS (1976), SIERRA (1968), 1974b), SIERRA y ESPEJO (1973),..

Sin embargo, en la amplia bibliografía existente, el período de crecimiento estudiado abarca tan sólo desde el nacimiento hasta los 3 meses de edad aproximadamente, no habiéndose encontrado ningún trabajo que trate el crecimiento completo. Es hasta cierto punto sorprendente que, para la raza en cuestión, no se haya estudiado el crecimiento hasta la edad adulta, dado que el interés biológico de conocer la totalidad del ciclo vital resulta obvio, y fundamental si se quiere emprender cualquier programa de mejora. Existe alguna excepción al respecto. Por ejemplo, ESPEJO (1971) proporciona las curvas de crecimiento hasta la edad máxima de dieciséis meses. Se trata, de todas formas, de machos destinados a reproductores de raza Rasa

Aragonesa, pero de ecotipo Turolense, y que mostraron detención invernala de crecimiento, con posterior efecto compensador (Mc MANUS & col., 1972).

Recientemente, se manifiesta un mayor interés por conocer el crecimiento completo de nuestras razas ovinas autóctonas, y empiezan a aparecer diversos estudios que tratan del tema. Así, cabe destacar el trabajo de SANZ y col. (1974) con raza Churra; de VALLS (1979), para el ovino gallego, y de VERA y VEGA y col. (1979) y OJEDA (1979) con raza Manchega. Varios de ellos confirman el aserto de HAMMOND, en el sentido de que, por lo que se refiere al crecimiento en peso, el estado adulto en la oveja no se alcanza hasta los 4 años de edad. Sin embargo, la mayor parte del crecimiento ponderal tiene lugar durante el primer año de vida. Así, las hembras de nuestra muestra alcanzaron el 90% del peso adulto al final del año. Para la raza Manchega (OJEDA, 1979), este incremento fue del 75% durante el mismo período; para la raza Churra, sólo del 65% (SANZ y col., 1974), y para el ovino gallego, del 71%. En las variaciones de estas cifras hay que pensar en una posible influencia del formato de la raza, pero sobre todo en el efecto de factores extrínsecos (alimentación, principalmente), como se verá más adelante¹.

3.1. *Peso de los adultos*

Otra de las particularidades inherentes a la escasez de estudios sobre ovinos adultos consiste en la dificultad de encontrar datos estadísticamente fiables sobre los pesos adultos del variado mosaico racial autóctono. Esta situación se complica por el hecho de la considerable heterogeneidad, dentro de las poblaciones, de las distintas agrupaciones raciales (VERA y VEGA y col., 1979). En este sentido, los datos referentes a la raza Rasa Aragonesa son algo más abundantes que los mencionados anteriormente para el crecimiento ponderal global.

Tras una exhaustiva revisión de la bibliografía existente, se ha confeccionado la Tabla 3.1, donde se recogen los valores de los pesos adultos

¹ Si comparamos con las hembras de los ovinos salvajes, estas cifras se reducen a 43,5% en el muflón americano (BLOOD y col., 1970), y entre 50-60% en el muflón de Cazorla (según estimaciones propias). Ello da idea de los efectos de la domesticación, cuyo objetivo es siempre el aumento de precocidad.

Tabla 3.1.

Pesos (en Kg) de ovinos adultos de la raza Rasa Aragonesa. En los valores medios se indica el número de datos (n) y el intervalo de confianza al 95%. Las observaciones indican la variedad o ecotipo de que se trata.

Autor	(n)	hembras	(n)	machos	Observaciones
LOPEZ SEGURA (1947)		37		48	
APARICIO SANCHEZ (1960)		35-50		45-60	
SARAZA y col. (1975)		35-50		45-60	
MASON (1967)		35-55		45-70	
SANCHEZ B. y S.					
TRUJILLANO (1979)		40		55	
PUIGDEFABREGAS y					
BALCELLS (1970)		40		60	Roncalesa
ESPEJO (1971)	(541)	39,4	(13)	55,8	Turolense
ESPEJO (1971)	(1429)	35,0	(40)	52,2	Monegrina
SIERRA (1974)	(75)	39,4 \pm 0,37	(15)	52,03 \pm 2,48	Ansotana
Presente estudio	(31)	39,34 \pm 0,99	(3)	51,15 \pm 3,67	Ansotana

encontrados para esta raza, según diversos autores. En los casos en que se trata de un promedio, se indica el número de datos (n) y el intervalo de confianza al 95%. Las observaciones se refieren a la variedad o ecotipo de la raza. Cuando no se indica nada, las cifras aluden a todo el conjunto racial.

La observación de la Tabla 3.1. sugiere varios comentarios. Por un lado, parece que el conjunto racial es relativamente heterogéneo. Ello se debe principalmente a la diversificación de la raza en ecotipos, y al considerable grado de hibridación y mestizaje a que se somete. Pero, por otra parte, parece que dentro de una variedad determinada podría conservarse una cierta uniformidad. A este respecto destaca la gran coincidencia que existe entre los datos propios (a pesar de no ser muy numerosos) y los de SIERRA (1974), que trabajó con ovejas del valle de Canfranc (variedad Ansotana). Por lo que se refiere a las hembras, existe también gran coincidencia con la numerosa muestra estudiada por ESPEJO (1971), a pesar de tratarse del ecotipo Turolense.

Siempre que se hable de pesos adultos, debe tenerse presente que este valor sufre fluctuaciones a lo largo del año (WIENER & HAYTER, 1974), sobre todo tratándose de ganado extensivo, dependiendo del estado fisiológico (gestación, lactación, ...), de variaciones estacionales (abundancia o escasez de alimentos), o del crecimiento de la lana. Así, por ejemplo, los datos de ESPEJO (1971) representan cifras medias de distintas pesadas durante el año, habiendo encontrado una variación máxima del 20%. Esta cifra es coincidente con VERA y VEGA y col. (1979, p. 65), quienes señalan un máximo de peso en el momento del parto y un mínimo al final de la lactación (S. BELDA y S. TRUJILLANO, 1979, indican pérdidas de hasta el 30% en ovinos trashumantes).

Los pesos de SIERRA (1974) se tomaron en el mes de junio, antes de subir a puerto; por tanto, las ovejas estarían recién esquiladas y más o menos en época de cubrición. Los datos propios se tomaron a finales de octubre, en ovejas recién paridas y esquiladas cuatro meses antes.

3.2. Curva de crecimiento de los corderos estudiados

Como se ha dicho con anterioridad, el período de crecimiento considerado abarca el primer año de vida postnatal. Los pesos obtenidos para las distintas edades se expresan en la Tabla 3.2, donde se han promediado conjuntamente los corderos nacidos en primavera y en otoño. Las curvas de crecimiento correspondientes a esos datos se representan en la Figura 5.1. (apartado 5.2.c), mientras que en la Figura 3.1 se han separado las curvas según la época de nacimiento de los corderos. En la Tabla 3.3. se expresan las tasas de crecimiento para ambos sexos y distintos períodos.

Según se observa en la Fig. 3.1, a la edad de un año los machos han alcanzado y superado el peso del adulto, mientras que las hembras se mantienen aún por debajo (como se dijo antes, al año las hembras alcanzan un 90% del peso adulto). Esta situación puede ser debida a dos causas:

- a) Que el pequeño número de datos de los machos adultos provoque la infravaloración del peso adulto.
- b) Que la velocidad de crecimiento sea mayor en los machos que en las hembras.

Tabla 3.2.

Crecimiento ponderal (en Kg.) de los corderos estudiados (se han juntado ambas parideras).

Edad	machos				hembras				Diferencia entre sexos			
	\bar{X}	(n)	S	lim. conf. al 95%	Edad	\bar{X}	(n)	S	lim. conf. al 95%	F	t	
0 d	3,331	(12)	0,412	$\pm 0,262$	0 d	2,928	(13)	0,414	$\pm 0,250$	1,01 ns		2,437 +
10 d	5,482	(13)	0,769	$\pm 0,465$	10	4,846	(15)	0,547	$\pm 0,303$	1,98 ns		2,548 +
20 d	7,395	(12)	1,074	$\pm 0,682$	20	6,384	(14)	0,698	$\pm 0,403$	2,37 ns		2,887 +
30 d	9,203	(11)	1,211	$\pm 0,814$	30	7,884	(13)	0,802	$\pm 0,485$	2,28 ns		3,192 ++
2 m	16,307	(10)	2,102	$\pm 1,504$	2 m	13,264	(12)	1,019	$\pm 0,647$	4,26 +		4,442 +++
3 m	22,897	(9)	2,557	$\pm 1,965$	3 m	18,398	(11)	1,618	$\pm 1,087$	2,50 ns		4,794 +++
4 m	29,173	(8)	3,120	$\pm 2,609$	4 m	22,736	(10)	2,176	$\pm 1,557$	2,06 ns		5,158 +++
5 m	34,532	(7)	3,266	$\pm 3,021$	5 m	26,324	(9)	2,430	$\pm 1,868$	4,39 +		5,778 +++
6 m	41,367	(5)	1,455	$\pm 1,806$	6 m	29,668	(8)	2,447	$\pm 2,046$	2,83 ns		9,589 +++
7 m	45,486	(4)	2,020	$\pm 3,214$	7 m	32,448	(6)	2,904	$\pm 3,048$	2,07 ns		7,745 +++
8 m	46,523	(4)	1,481	$\pm 2,361$	8 m	33,342	(5)	2,595	$\pm 3,222$	3,07 ns		8,976 +++
9 m	50,367	(2)	1,590	$\pm 14,285$	9 m	33,564	(2)	0,900	$\pm 8,086$	3,12 ns		9,197 +
10 m	51,666	(2)	1,061	$\pm 9,533$	10 m	34,958	(2)	1,725	$\pm 15,498$	2,64 ns		8,250 +
11,5	53,283	(2)	0,640	$\pm 5,750$	11,5	35,327	(2)	0,811	$\pm 7,286$	1,61 ns		17,380 ++
Adultos	51,150	(3)	1,476	$\pm 3,667$	Adultos	39,339	(31)	2,711	$\pm 0,994$	3,37 ns		7,369 +++

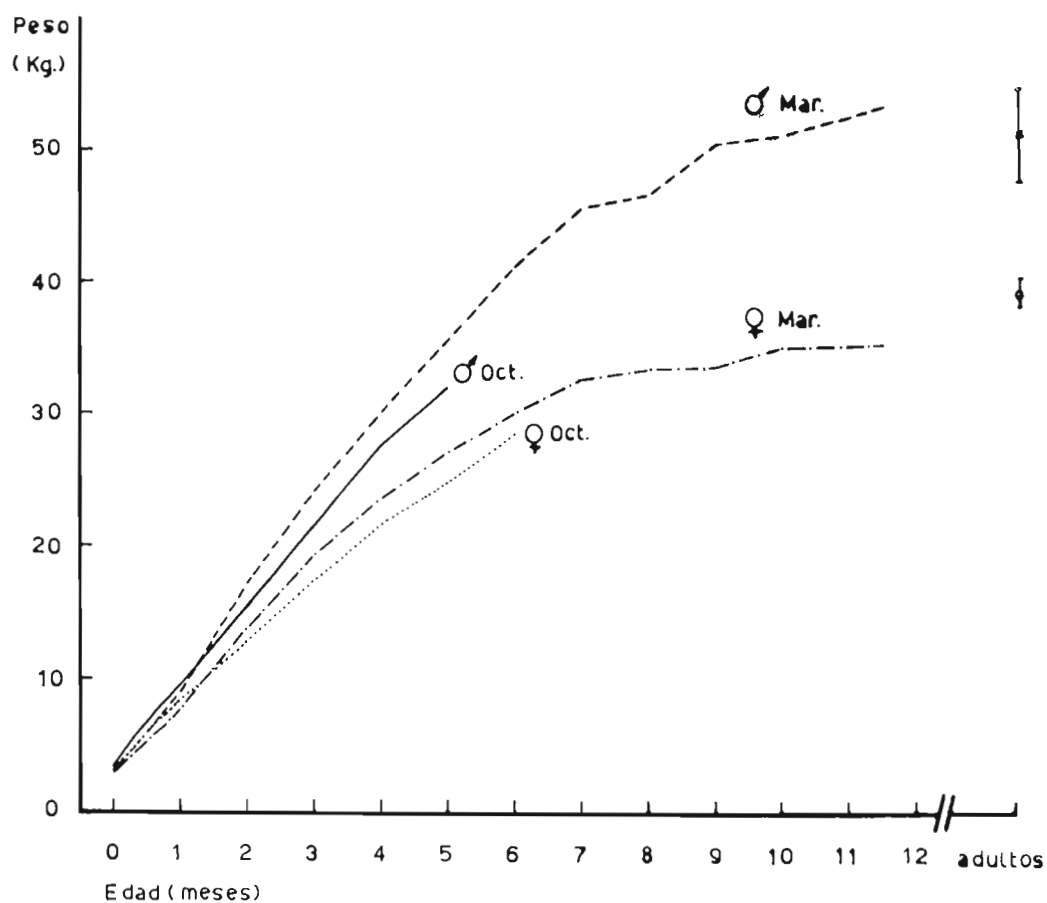


Fig. 3.1.

*Curvas de crecimiento de los corderos según sexo y época de nacimiento.
A la derecha, peso de los adultos con intervalos de confianza al 95%.*

Tabla 3.3.
Ganancia diaria media (gr/día) de los corderos estudiados,
para distintos períodos (ambas parideras juntas).

Edad	♂	♀
0 - 10 d	215	192
10 - 20	191	154
20 - 30	181	150
0 - 30	196	165
1 - 2 m	237	179
2 - 3	220	171
3 - 4	209	145
4 - 5	179	120
5 - 6	228	111
6 - 7	137	93
7 - 8	35	30
8 - 9	128	7
9 - 10	43	46
10 - 11,5	36	8
0 - 11,5 m	145	94

Esta última causa es un hecho frecuente y bien conocido en aquellas especies con machos adultos mayores que las hembras. Sin embargo, no explica por sí sólo el que la aproximación al estado asintótico final se produzca más rápidamente en los machos. Por otro lado, las diferencias de peso entre corderos y corderas de esta experiencia parecen ser mayores que las observadas en otros trabajos (SIERRA, 1974a y b), si se comparan los pesos a 90 días.

En relación con esto, se puede añadir que en las curvas de crecimiento para corderos de la misma raza (o híbridos), presentadas en los trabajos de COLOMER y ESPEJO (1971 y 1973), no ofrecen diferencias significativas entre los dos sexos hasta después de los 70 días. Por el contrario, en los

corderos aquí estudiados, las diferencias de peso fueron significativas en todas las edades, empezando ya desde el nacimiento, como se ve en la columna derecha de la Tabla 3.2. Este resultado puede ser un efecto de la escasez de datos, sobre todo al final del período (a pesar de que se ha aplicado un test de t de comparación de medias para muestras pequeñas, según SOKAL & ROLF, 1979, pág. 244). Sin embargo, no debe descartarse el hecho de que por alguna razón determinada los corderos machos alcancen antes el peso adulto, en esta experiencia concreta.

Las curvas de crecimiento presentadas en la Figura 3.1. y en la Tabla 3.2. no pueden ser tomadas como modelo de crecimiento generalizable para la raza, ni siquiera para el ecotipo de que se trata. Ello resulta obvio por dos razones fundamentales: en primer lugar, por el reducido tamaño de la muestra; pero sobre todo, porque el crecimiento no es sólo expresión del bagaje genético, sino que se muestra fuertemente condicionado por factores extrínsecos.

Las curvas de crecimiento se modifican cuando cambian las circunstancias ambientales. Esto es particularmente evidente en los animales en régimen extensivo, sobre todo en los salvajes (COLLEY & BUECHNER, 1968, pág. 108), los cuales detienen su crecimiento en épocas de escasez (ESPEJO, 1971), y lo reanudan más intensamente (crecimiento compensatorio, Mc MANUS y col., 1972) en épocas de bonanza; hasta que más tarde o más temprano alcanzan el estado estable de adulto, en virtud del principio de equifinalidad (BERTALANFFY, 1968, pág. 150).

Como un ejemplo de la afirmación de que las curvas de crecimiento se modifican cuando cambian las circunstancias ambientales, el lector puede consultar un trabajo anterior (GARCIA GONZALEZ, 1979), donde se exponen los efectos que produjeron algunos de estos factores durante la primera parte del crecimiento de los corderos.

La generalización de las curvas de crecimiento debe hacerse con cautela, y siempre deben ser referidas a unas condiciones dadas. En este sentido, los animales objeto de estudio pueden representar una estimación del crecimiento del ecotipo Ansotano, en condiciones óptimas, debido a que permanecieron siempre estabulados y con alimentación *ad libitum*. Normalmente, los corderos que sobrepasan el destete y se mantienen en el rebaño para destinarlos a reproductores acompañan en el pastoreo a los

adultos, presentándose frecuentemente los efectos compensatorios antes mencionados. Posiblemente por esta razón, las hembras de la muestra estudiada han alcanzado el 90% del peso adulto al final del año, mientras que en otros casos estudiados no alcanzan más del 75%, como se dijo anteriormente.

4. ESTUDIO DEL EXTERIOR (MORFOLOGIA)

4.1. *Medidas externas*

En este apartado se estudian una serie de variables morfológicas (medidas externas longitudinales) y su variación durante el primer año de vida del animal. El objetivo que se persigue es la descripción, lo más detallada posible, de los cambios morfológicos (variación de la forma) que un ungulado experimenta en el transcurso de su crecimiento. Para ello, se han utilizado tres tratamientos matemáticos diferentes, cada uno de ellos proporcionando un tipo de información particular y complementario, a partir de los mismos datos.

El primero trata de describir y cuantificar las variaciones de las dimensiones longitudinales en el tiempo (crecimiento logístico). El modelo utilizado (curvas de Bertalanffy) nos proporciona, por tanto, información sobre la velocidad de crecimiento; pero no sólo de ella, sino del grado de desarrollo en que los distintos elementos corporales se encuentran en el momento de nacer, en relación con los demás. Dada la falta de referencias anteriores en cuanto a su aplicación al caso de los mamíferos¹, se ha hecho una descripción detallada de los pasos seguidos en el proceso de elabo-

¹ Posteriormente a la redacción del presente trabajo (1980), se localizaron dos artículos, prácticamente contemporáneos al mismo, en los que se aplica dicho tipo de análisis (modelo de Bertalanffy) al estudio del crecimiento del oso polar (KINGSLEY, 1979) y del zorro común (KOLB & HEWSON, 1980).

ración matemático-estadístico (subapartado 4.1.a.). En los subapartados 4.1.b. y 4.1.c., se discuten los resultados y se extraen las conclusiones pertinentes.

El segundo procedimiento analítico empleado es el método alométrico (4.1.d.), el cual nos informa sobre la intensidad con que las variables morfológicas crecen en relación con una o dos variables de referencia, elegidas por su carácter globalizador o por su importancia fisiológica (diámetro longitudinal del tronco y peso vivo).

Por último, se ha considerado el estudio de los índices (4.1.e.), los cuales nos indican la relación existente entre dos variables tomadas dos a dos, y su posible evolución con la edad. Dada su utilización clásica en el campo de la Zoometría (SIMPSON & ROE, 1939) y la Zootecnia (APARICIO, 1957), su estudio sirve de complemento para concluir este apartado sobre las medidas externas.

a) Metodología

- Definición y error de las medidas externas.

Se han tomado un total de 16 medidas externas, de las cuales la mayoría corresponden a las tradicionalmente empleadas en Zootecnia (APARICIO SANCHEZ, 1957 y 1960; SARAIZA, 1942, ...). Es obvio apuntar que dichas medidas poseen una significación biológica tan importante como cualesquiera otras. Los instrumentos utilizados han sido: la cinta métrica, el bastón de Aparicio (forcípula) y el compás de Brocas. Tales medidas quedan definidas de la siguiente forma, y están representadas en la Figura 4.1.0.

1. AC. *Alzada a la cruz*: tomada con cinta desde la cruz (que corresponde anatómicamente a las apófisis espinosas de la 3.^a y 4.^a vértebra torácica) hasta el rodete de la pezuña anterior izquierda en su parte posterior.
2. P Tor. *Perímetro torácico*: perímetro recto del tórax a la altura de la cruz, con cinta métrica (sin apretar excesivamente).

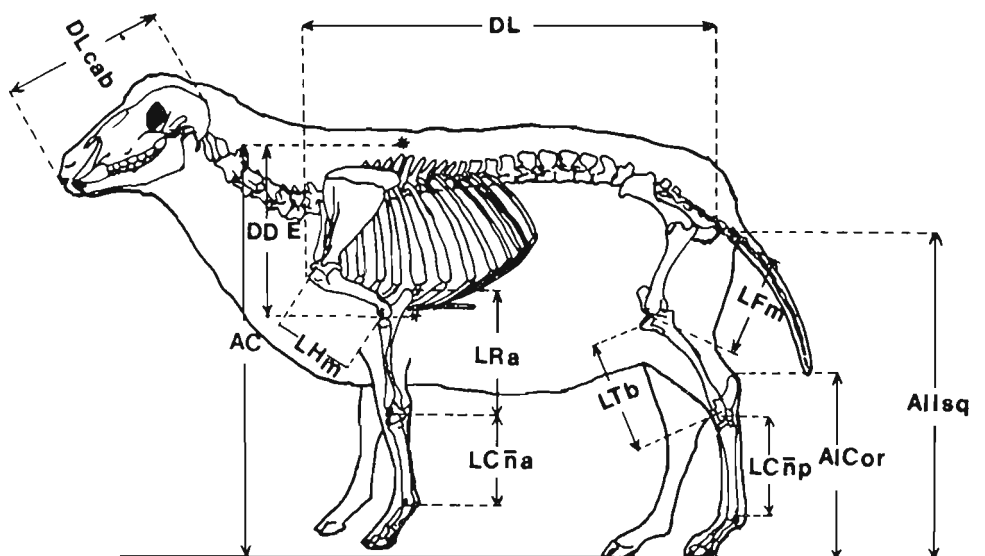


Fig. 4.1.0.

Localización de la mayor parte de las medidas externas estudiadas en este capítulo.

3. Al Isq. *Altura al isquion*: desde la tuberosidad del isquion hasta el suelo en perpendicular. Con cinta.
4. Al Cor. *Altura al corvejón*: desde la punta del corvejón (anatónicamente, tuberosidad del calcáneo) hasta el suelo en perpendicular. Con cinta.
5. P Cñ. *Perímetro de la caña*: perímetro de la parte más estrecha de la caña (anatónicamente, metatarso) posterior izquierda. Con cinta.

6. DL. *Diámetro longitudinal*: desde la punta del encuentro (anatómicamente corresponde a la articulación escapo-humeral) hasta la tuberosidad del isquion. Con cinta y con bastón².
7. D D-E. *Diámetro dorso-esternal*: con bastón apoyando la parte superior a la altura de la cruz, y la inferior en la región esternal.
8. DB. *Diámetro bicostal*: con bastón entre los dos planos costales a la altura de los codos.
9. DL. cab. *Diámetro longitudinal de la cabeza*: desde la nuca (protuberancia del occipital) hasta la punta del morro. Con compás de Brocas.
10. D Tr. *Diámetro transversal de la cabeza*: anchura máxima de la cabeza entre las órbitas oculares. Con compás de Brocas.
11. L Cñ post. *Longitud de la caña posterior*: desde el menudillo (región articular metacarpo-falangiana) hasta el corvejón (región tarsiana). Anatómicamente, se corresponde con la longitud del metatarso, aproximadamente. Con cinta en la extremidad izquierda.
12. L Tb. *Longitud del segmento tibial*: desde el corvejón hasta la babilla (región rotular, comprendiendo la articulación fémur-tibia). El punto de referencia en la babilla es el señalado por la tuberosidad de la tibia. Anatómicamente, se corresponde aproximadamente con la longitud de la tibia. Con cinta en la extremidad izquierda.
13. L Fm. *Longitud del segmento femoral*: desde el punto señalado por la rótula hasta la tuberosidad del isquion. Se corresponde anatómicamente con la longitud del fémur más el isquion, aproximadamente. Con cinta en la extremidad izquierda.

² Las cantidades que se dan para esta medida son siempre las tomadas con cinta. Ello es así por inconvenientes técnicos que no fue posible solventar. De todas formas, se ha comprobado que los errores cometidos con uno u otro método son semejantes, y por otra parte se ha observado una estrecha correlación entre ambos métodos ($r = 0.987$. $n = 92$). Las medidas pueden relacionarse mediante la ecuación de regresión: $DL_T = 0.8436 DL_C + 3.5489$, (r , con bastón; c , con cinta).

14. L Cñ ant. *Longitud de la caña anterior*: distancia desde el menudillo hasta la rodilla (región carpiana). Con cinta en la extremidad izquierda.
15. L Ra. *Longitud del segmento cúbito-radial*: longitud desde la región carpiana hasta el codo (región olecranoidea). Anatómicamente, se corresponde con la longitud del radio, aproximadamente. Con cinta.
16. L Hm. *Longitud del segmento humeral*: los puntos de referencia son la punta del olecranon y la articulación escapulo-humeral. Anatómicamente, se corresponde con la longitud del húmero, aproximadamente. Con cinta.

Por motivos de brevedad, me referiré a partir de ahora a las medidas 12, 13, 15 y 16, como longitud de la tibia, fémur, radio y húmero respectivamente, aunque anatómicamente no sea correcto, si bien se refiere al sector o segmento externo correspondiente.

Todas las medidas se hicieron procurando que el animal estuviese aplomado, y siempre por su lado izquierdo. Debe tenerse en cuenta también que algunas de ellas están sujetas a la deformación producida por el crecimiento de la lana. Principalmente la longitud del húmero y del fémur, la alzada a la cruz, el perímetro torácico y el diámetro longitudinal. El efecto que puede tener la lana en la modificación de las tres últimas medidas se comentará más adelante.

El error experimental cometido al tomar las medidas se ha estimado en un 4% para todo el conjunto. En la Tabla 4.1.1. se expresan las medias de los errores por medidas individuales. Estos errores experimentales se han calculado repitiendo dos o más veces la misma medida, restando la máxima y la mínima y dividiendo por la media. Las cifras expresadas son en tantos por ciento y representan una media de todos los errores a distintas edades. Entre paréntesis, el número de datos (es decir, de errores).

Las medidas se tomaron desde el nacimiento hasta la edad de un año, a intervalos de 10 días durante el primer mes, y a intervalos de 1 mes hasta el año (después de los 10 meses se tomó una sola medida, a los 11'5 meses, y entre los 10 primeros días de vida se hicieron también medidas extras).

Tabla 4.1.1.
Errores experimentales de las medidas externas en distintas edades.

	\bar{X} (%)	(n)	s		\bar{X} (%)	(n)	s
AC	3,59	(12)	2,417	DL cab	2,80	(6)	2,091
P Tor	1,54	(7)	1,722	D Tr	2,82	(6)	2,400
AL Isq	5,6	(6)	2,577	L Cñ ant	2,68	(6)	2,296
AL Cor	5,98	(5)	2,641	L Tb	2,14	(7)	2,539
P Cñ	2,46	(5)	3,267	L Fm	3,4	(3)	2,166
DL	3,44	(13)	1,630	L Cñ pos	5,83	(3)	5,107
D D-E	5,57	(6)	3,952	L Ra	5,1	(5)	4,625
D B	4,68	(3)	4,442	L Hm	9,72	(6)	3,667
Total: $\bar{X} = 4,02\%$ (99) 1,960							

- Datos obtenidos, modelos generales de crecimiento y explicación del modelo de von Bertalanffy.

Los datos de las mediciones efectuadas se presentan en la Tabla 4.1.2. para las hembras, y 4.1.3. para los machos. En ellas se expresan las medias de los valores para las distintas medidas por edades en centímetros, el número de datos entre paréntesis y, a continuación, la desviación típica. En la Figura 4.1.1. se representan los diagramas del crecimiento de las distintas variables en función de la edad. Las medias de las hembras están representadas por círculos y las de los machos por cruces. Las medidas obtenidas en los adultos figuran en la Tabla 4.1.8.

Una primera cuestión que cabe destacar es que el número de datos para las distintas edades es diferente. Por lo general, son más numerosos durante los primeros meses y disminuyen con la edad. Ello es consecuencia de las sucesivas extracciones de animales, efectuadas en la muestra inicial, para realizar los estudios *post-mortem*. Esto hace que a los distintos puntos representados en las gráficas no se les pueda asignar la misma importancia, pues mientras unos corresponden a la media de diez datos, otros sólo representan la media de dos datos (por ejemplo, al final del período), y a su vez es causa, en gran parte, de los altibajos que se observan en varias

Tabla 4.1.2.
Valores medios de las medidas externas por edades (hembras).

	AC			P. Tor			Al. Isq.			D D-E		
	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s
0d	31,929	(7)	1,800	31,714	(7)	4,112	25,571	(7)	2,28	11,767	(6)	1,169
2d	34,667	(3)	1,155	36,167	(3)	0,577	29,583	(3)	0,722	12,657	(3)	0,350
10d	36,55	(10)	2,140	36,7	(10)	2,137	27,7	(10)	2,003	13,6	(10)	0,937
20d	39,75	(8)	1,165	43,063	(8)	1,374	31,563	(8)	3,286	15,188	(8)	0,458
30d	44,286	(7)	1,680	46	(7)	1,848	32,286	(7)	1,604	16,429	(7)	0,838
2m.	49	(6)	1,414	53,75	(6)	1,541	37,083	(6)	2,108	18,583	(6)	0,665
3m.	52	(5)	1,581	62,8	(5)	1,643	39,6	(5)	1,140	20,8	(5)	0,447
4m.	53,75	(4)	1,5	69,375	(4)	2,213	41,875	(4)	2,016	22	(4)	0
5m.	56,667	(3)	1,607	76,167	(3)	3,329	42,833	(3)	3,329	23,167	(3)	0,289
6m.	60	(2)	2,828	77,5	(2)	3,536	44,5	(2)	3,536	23,75	(2)	0,354
7m.	57,5	(6)	2,665	79,417	(6)	1,714	44,167	(6)	1,329	26,417	(6)	0,492
8m.	62,75	(6)	2,824	80,667	(6)	2,160	43,833	(6)	2,041	26,292	(6)	0,813
9m.	67,75	(2)	0,354	84	(2)	1,414	46,5	(2)	1,414	27,25	(2)	1,061
10m.	66	(2)	1,414	89	(2)	0	46,5	(2)	2,121	27,25	(2)	0,354
11,5m.	68,5	(2)	0,707	90,5	(2)	2,121	49	(2)	1,414	27,25	(2)	0,354

Tabla 4.1.2. (continuación)
Valores medios de las medidas externas por edades (hembras).

	Al. Cor			P. Cñ.			DL			DTr		
	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s
Od	14,429	(7)	1,305	5,529	(7)	0,489	28,214	(7)	2,563	6,129	(7)	0,431
2d	16	(2)	0	6,267	(3)	0,379	31	(3)	1,803	6,217	(3)	0,029
10d	15,85	(10)	1,492	5,52	(10)	0,405	35,45	(10)	2,598	7,36	(10)	0,306
20d	16,313	(8)	1,438	6,163	(8)	0,358	40,125	(8)	1,706	8,013	(8)	0,196
30d	17	(7)	1,155	6,214	(7)	0,358	43,964	(7)	1,503	8,343	(7)	0,223
2m.	17,917	(6)	1,201	6,583	(6)	0,343	50,75	(6)	2,603	8,833	(6)	0,294
3m.	19,8	(5)	0,837	7,24	(5)	0,279	56,3	(5)	2,540	9,38	(5)	0,259
4m.	21,125	(4)	0,25	7,425	(4)	0,506	58,75	(4)	1,840	9,725	(4)	0,320
5m.	21,333	(3)	1,528	7,967	(3)	0,208	61,3	(3)	2,255	9,867	(3)	0,379
6m.	22,5	(2)	0,707	8,1	(2)	0,282	68,25	(2)	0,354	10,25	(2)	0,354
7m.	21,75	(6)	0,758	7,967	(6)	0,258	65,1	(6)	2,482	10,85	(6)	0,394
8m.	21,583	(6)	1,357	7,667	(6)	0,372	67,15	(6)	2,101	10,967	(6)	0,320
9m.	22,25	(2)	0,354	7,75	(2)	0,354	68,75	(2)	0,354	10,7	(2)	0,283
10m.	25	(2)	1,414	7,75	(2)	0,636	70,5	(2)	2,121	10,85	(2)	0,495
11,5m.	21,75	(2)	1,061	7,85	(2)	0,212	67,25	(2)	3,889	11,15	(2)	0,071

Tabla 4.1.2. (continuación)

Valores medios de las medidas externas por edades (hembras).

	DB			DL cab.			L Fm			L Cñ ant.		
	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s
0d	7,067	(6)	1,320	10,729	(7)	1,086	11,333	(3)	1,155	9,333	(3)	0,577
2d	8,05	(3)	0,218	10,067	(3)	0,451	--	(0)	--	10,5	(1)	--
10d	9,35	(10)	0,851	12,8	(10)	0,789	14,05	(10)	0,956	10,3	(10)	0,675
20d	11,25	(8)	0,378	14,163	(8)	0,350	14,875	(8)	1,061	10,438	(8)	0,496
30d	11,786	(7)	0,699	14,657	(7)	0,223	15,5	(7)	0,408	10,286	(7)	0,906
2m.	14,417	(6)	1,021	16,333	(6)	0,388	17,5	(6)	0,447	10,583	(6)	0,801
3m.	15,2	(5)	1,151	17,44	(5)	0,607	18,5	(5)	1,061	10,9	(5)	0,418
4m.	17,75	(4)	0,645	18,9	(4)	0,408	18	(4)	1,080	10,9	(4)	0,479
5m.	19,917	(3)	1,258	20	(3)	0	19,667	(3)	1,528	11,667	(3)	1,155
6m.	18,75	(2)	2,475	20,95	(2)	0,779	22,5	(2)	0,707	12,5	(2)	0
7m.	19,917	(6)	1,463	18,833	(6)	0,971	21,083	(6)	2,010	--	(0)	--
8m.	21,375	(6)	1,046	21,033	(6)	0,726	22,708	(2)	1,145	13,167	(6)	0,753
9m.	22	(2)	0,707	21,25	(2)	0,354	23	(2)	0,707	13,5	(2)	0,707
10m.	19,75	(2)	0,354	22,2	(2)	0,849	23,5	(2)	0,707	12,5	(2)	0,707
11,5m.	22,5	(2)	0,707	22,6	(2)	0	23,75	(2)	1,061	12	(2)	0

Tabla 4.1.2. (continuación)
Valores medios de las medidas externas por edades (hembras).

	L Cñ post.			L Tb			L Ra			L Hm		
	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s
0d	11,571	(7)	0,607	11,786	(7)	0,906	9,667	(6)	0,516	8,5	(7)	0,577
2d	13,25	(3)	0,433	13,667	(3)	1,041	9,75	(2)	0,354	9,167	(3)	0,289
10d	12,9	(10)	0,738	13,15	(10)	0,709	11,1	(10)	0,738	10,25	(10)	0,920
20d	13,188	(8)	0,961	13,625	(8)	1,026	11,063	(8)	0,496	10,5	(8)	0,655
30d	13,286	(7)	0,699	14,286	(7)	0,951	11,714	(7)	0,809	11,214	(7)	0,393
2m.	14	(6)	0,837	14,417	(6)	1,021	12,833	(6)	0,683	12,333	(6)	1,252
3m.	14,8	(5)	0,758	15,8	(5)	0,447	14,9	(5)	0,962	14,2	(5)	0,570
4m.	14,75	(4)	0,957	15,875	(4)	1,031	14,875	(4)	0,954	14,125	(4)	1,181
5m.	16,333	(3)	0,577	17	(3)	1,732	16,167	(3)	0,289	15	(3)	0
6m.	17,5	(2)	0,707	18,75	(2)	0,354	18,5	(2)	0,707	17	(2)	0,707
7m.	18,333	(6)	0,516	20,333	(6)	0,816	17,5	(6)	0,837	17	(6)	0,949
8m.	17,792	(6)	0,557	18,083	(6)	1,357	16,292	(6)	1,249	15,875	(6)	0,586
9m.	17,5	(2)	0	19,25	(2)	1,061	17,25	(2)	1,061	16	(2)	0
10m.	18	(2)	1,414	19,5	(2)	0,707	17,75	(2)	1,178	17,5	(2)	0
11,5m.	16,5	(2)	0,707	19,75	(2)	1,768	17,75	(2)	1,768	17	(2)	0,707

Tabla 4.1.3.
Valores medios de las medidas externas por edades (machos).

	AC			P. Tor			Al. Isq.			D D-E		
	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s
0d	33,6	(5)	3,782	33,5	(5)	2,372	26	(5)	1,581	12,6	(5)	0,962
3d	34,8	(5)	0,925	35,35	(5)	1,965	28,85	(5)	1,270	14,05	(5)	2,680
10d	38,125	(8)	2,800	40,75	(8)	2,360	29,375	(8)	2,504	14,175	(8)	0,523
20d	42,286	(7)	1,524	45,357	(7)	2,625	30,929	(7)	0,976	16,357	(7)	1,249
30d	45,917	(6)	2,010	48,542	(6)	2,600	33,75	(6)	1,725	17,333	(6)	0,516
2m.	51	(2)	1,871	56	(5)	3,162	38,9	(5)	3,050	19,9	(5)	1,140
3m.	55,625	(4)	3,092	64,875	(4)	3,010	43,375	(4)	1,702	22,625	(4)	1,109
4m.	59,333	(3)	1,528	72,167	(3)	4,368	45,333	(3)	0,577	24,667	(3)	1,041
5m.	66	(2)	1,871	78,75	(2)	2,475	46,5	(2)	0,707	26	(2)	1,414
6m.	68	(1)	--	84	(1)	--	50	(1)	--	28	(1)	--
7m.	61,25	(4)	3,862	88,125	(4)	2,25	47,125	(4)	1,652	29,75	(4)	2,217
8m.	68,375	(4)	3,301	88,75	(4)	3,5	47,375	(4)	0,946	30,5	(4)	0,408
9m.	72,5	(2)	0,707	96	(2)	1,414	51,75	(2)	1,768	32	(2)	1,414
10m.	72,5	(2)	2,121	101	(2)	5,657	51,5	(2)	2,121	31,75	(2)	1,061
11.5m.	73,5	(2)	2,121	105,5	(2)	3,536	51,5	(2)	0,707	32,75	(2)	0,354

Tabla 4.1.3. (continuación)
Valores medios de las medidas externas por edades (machos).

	Al Cor.			P Cñ.			DL			D Tr		
	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s
0d	14,3	(5)	2,225	5,74	(5)	0,615	30,7	(5)	2,280	6,6	(5)	0,628
3d	16	(5)	1,837	5,95	(5)	0,421	31,575	(5)	1,899	6,575	(6)	0,407
10d	16,875	(8)	1,553	6	(8)	0,316	38	(8)	1,832	7,663	(8)	0,421
20d	17,071	(7)	1,239	6,471	(7)	0,423	42	(7)	1,384	8,414	(7)	0,297
30d	18,25	(6)	0,758	6,8	(6)	0,506	46	(6)	2,588	8,88	(5)	0,335
2m.	19,6	(5)	0,894	6,92	(5)	0,432	53	(5)	1,173	9,42	(5)	0,311
3m.	21,5	(4)	0,408	7,75	(4)	0,351	59,625	(4)	3,301	10,375	(4)	0,320
4m.	22,167	(3)	1,258	8,2	(3)	0,265	62,667	(3)	5,107	10,733	(3)	0,473
5m.	24,5	(2)	2,121	8,65	(2)	0,636	69	(2)	4,243	10,9	(2)	0,424
6m.	26	(1)	--	9	(1)	--	75	(1)	--	11,4	(1)	--
7m.	23,25	(4)	1,555	9,025	(4)	0,05	72,05	(4)	4,470	11,625	(4)	0,263
8m.	23,75	(4)	1,041	8,7	(4)	0,356	75,125	(4)	2,496	11,8	(4)	0,216
9m.	25,75	(2)	1,061	9	(2)	0	78	(2)	0	12	(2)	0
10m.	25,00	(2)	1,414	9	(2)	0	79,25	(2)	4,596	12,15	(2)	0,212
11,5m.	23	(2)	0	9,15	(2)	0	79	(2)	4,243	12,1	(2)	0

Tabla 4.1.3. (continuación)
Valores medios de las medidas externas por edades (machos).

	DB			DL Cab.			L Fm			L Cñ. ant.		
	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s
0d	7,88	(5)	1,264	11,7	(5)	0,938	13	(3)	1,000	9,667	(3)	1,155
3d	7,6	(5)	0,951	11,375	(6)	0,949	13,5	(2)	0,707	10	(2)	0
10d	10,163	(8)	0,826	13,05	(8)	0,880	14,714	(7)	0,809	10,714	(7)	0,567
20d	12,286	(7)	1,220	14,7	(7)	0,432	16	(7)	1,190	11	(7)	0,577
30d	12,75	(6)	1,405	15,7	(5)	0,612	16,25	(6)	0,689	10,417	(6)	0,492
2m.	14,7	(5)	0,447	17,52	(5)	0,661	18	(5)	0,612	10,4	(5)	0,652
3m.	16,875	(4)	0,629	19,45	(4)	1,047	19,625	(4)	0,479	11,375	(4)	0,479
4m.	19,333	(3)	1,155	21,067	(3)	1,286	20,833	(3)	0,764	12	(3)	1,000
5m.	19,5	(2)	0,707	22,45	(2)	0,778	22,75	(2)	0,354	14	(2)	0
6m.	21,5	(1)	--	24,3	(1)	--	21,5	(1)	--	13	(1)	--
7m.	21,125	(4)	0,629	22,05	(4)	1,079	24,375	(4)	1,109	--	--	--
8m.	21,5	(4)	1,291	23,9	(4)	0,408	23,125	(4)	1,887	14	(4)	1,080
9m.	24	(2)	0	23,65	(2)	1,626	26	(2)	2,121	14,5	(2)	0,707
10m.	22	(2)	1,414	23,75	(2)	0,354	23,5	(2)	0,707	13,5	(2)	0,707
11,5m.	24,75	(2)	1,061	24,9	(1)	--	25	(2)	0,707	13,5	(2)	0,707

Tabla 4.1.3. (continuación)
Valores medios de las medidas externas por edades (machos).

	L Cñ. pot.			L Tb			L Ra			L Hm		
	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s	\bar{x}	(n)	s
0d	12,2	(5)	1,924	13,4	(5)	1,710	10,7	(5)	0,837	9	(5)	0,612
3d	13,35	(5)	0,742	13,78	(5)	0,801	10,7	(5)	0,570	9,6	(5)	1,294
10d	13,813	(8)	0,753	13,844	(8)	1,329	11,438	(8)	0,678	11,063	(8)	0,623
20d	14	(7)	0,645	14,214	(7)	0,488	11,714	(7)	0,809	11,429	(7)	0,838
30d	13,917	(6)	0,665	14,667	(6)	0,816	12,167	(6)	0,258	12	(6)	0,632
2m.	14,8	(5)	0,837	14,8	(5)	0,908	13,2	(5)	0,671	12,7	(5)	0,447
3m.	16	(4)	0,707	16,25	(4)	0,289	15,625	(4)	1,25	14,5	(4)	1,291
4m.	16	(3)	0,500	18,333	(3)	2,309	16,833	(3)	0,289	15,667	(3)	0,577
5m.	19	(2)	0	19	(2)	0	18	(2)	0,707	16,5	(2)	0,707
6m.	18	(1)	--	19	(1)	--	18,5	(1)	--	18	(1)	--
7m.	19,5	(4)	0,577	21,5	(4)	1,732	18,75	(4)	0,957	18,25	(4)	0,957
8m.	18,625	(4)	0,946	19	(4)	1,472	16,25	(4)	1,323	16,375	(4)	1,702
9m.	19,5	(2)	0,707	20	(2)	0	19,5	(2)	0,707	19,5	(2)	1,414
10m.	19	(2)	1,414	21	(2)	0	19,75	(2)	0,354	19	(2)	1,414
11,5m.	19	(2)	0	20,5	(2)	0,707	18,75	(2)	1,061	16,5	(2)	0,707

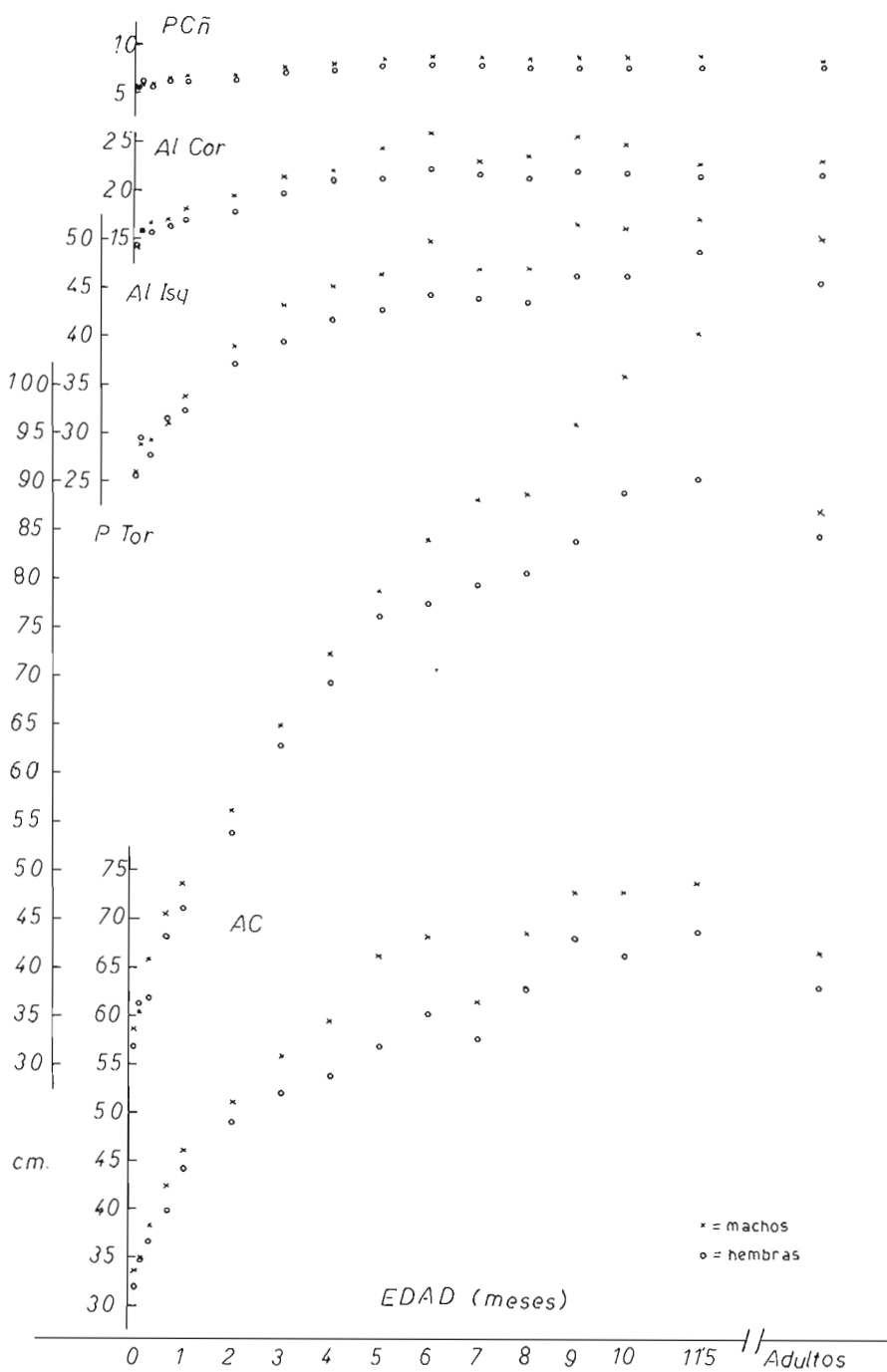


Fig. 4.1.1.

Diagrama curvilíneo referido al crecimiento de las dimensiones externas.

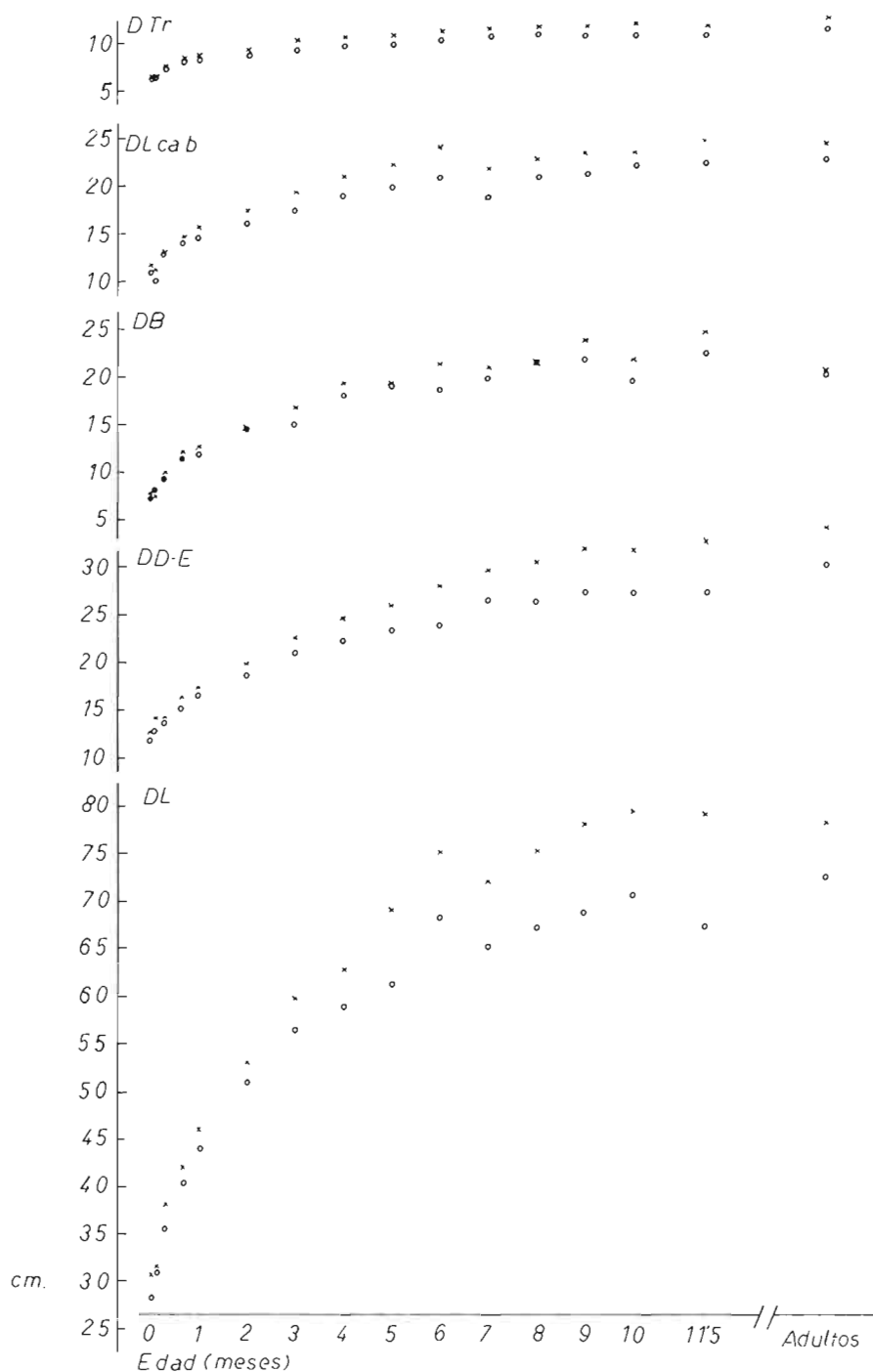


Fig. 4.1.1. (continuación)

Diagrama curvilíneo referido al crecimiento de las dimensiones externas.

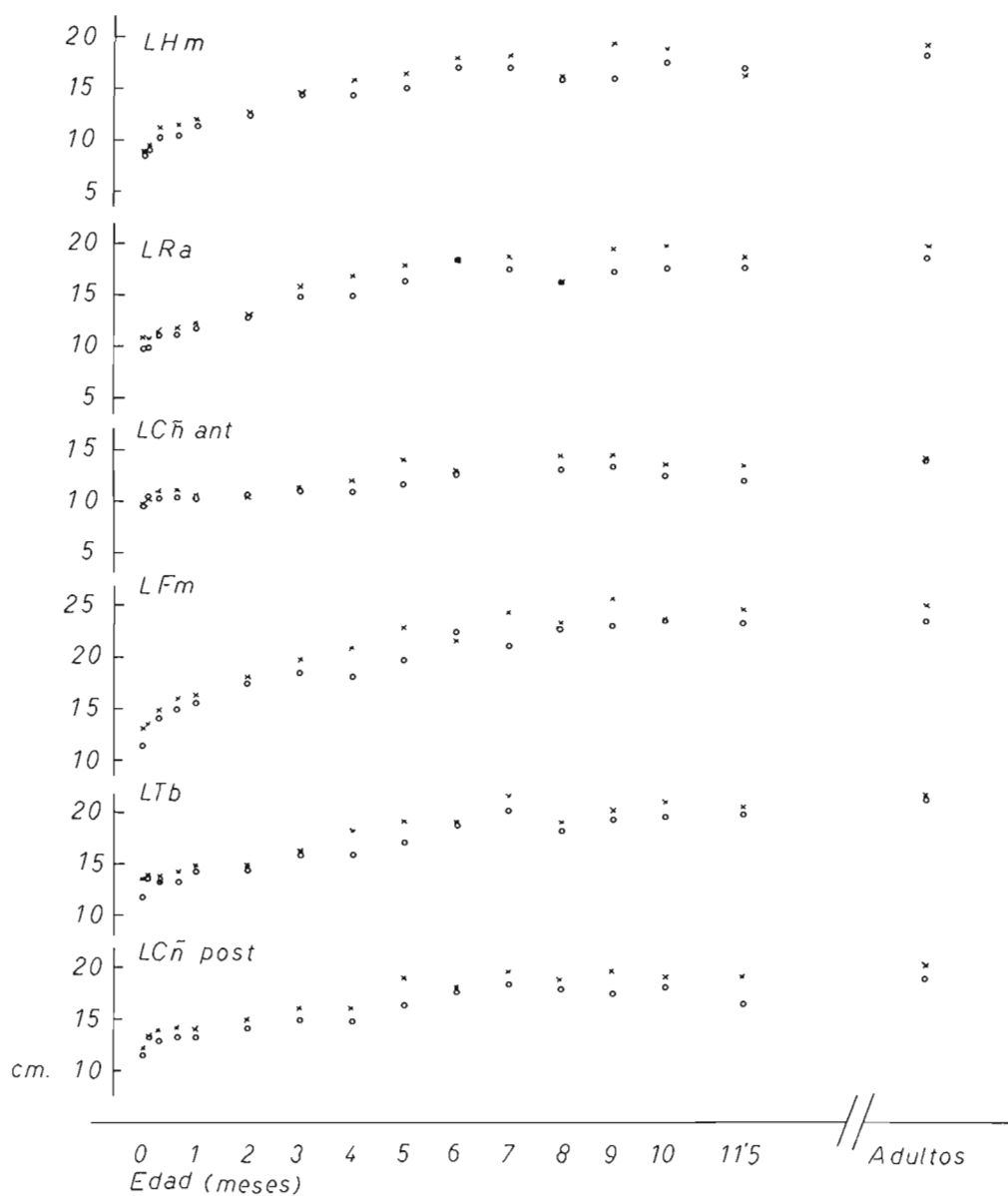


Fig. 4.1.1. (continuación)

Diagrama curvilíneo referido al crecimiento de las dimensiones externas.

curvas. Este inconveniente se ha tratado de subsanar aplicando un análisis de regresión particular, que se explica al principio del siguiente apartado.

Por otra parte, para obtener una mejor comprensión de la evolución de las diferentes medidas en su conjunto, se ha considerado de interés el encontrar algún tipo de ecuación general que pudiese dar una visión sintética de las distintas variables de longitud que se estudian, en función del tiempo. El intento de encontrar modelos matemáticos que se ajusten y expliquen los fenómenos del crecimiento es antiguo y puede remontarse a tiempos de Gompertz, en 1926. Una revisión bibliográfica sobre el tema se encuentra en CASTRILLO (1975).

La mayoría de dichos modelos deben adaptarse a los siguientes principios: un aumento lento al principio, una segunda fase de rápido aumento, y una tercera, en que vuelve a disminuir hasta que el crecimiento concluye. Por eso, una representación gráfica del fenómeno, situando la variable de crecimiento en ordenadas y el tiempo en abscisas da como resultado una curva sigmoidea, también llamada logística (SIMPSON and ROE, 1939; BATS-CHELET, 1978).

El período de crecimiento que se estudia aquí es el postnatal, y va desde el nacimiento hasta alcanzar el tamaño adulto. El nacimiento suele producirse en los mamíferos (sobre todo en los nidífugos), en la fase exponencial de la curva logística, con velocidades de crecimiento altas. Por esa razón, las curvas representadas se adaptan mejor a una función de tipo asintótico, que corte al eje de la Y (medida externa) en algún punto $Y > 0$, y que no esté definida para valores de $X < 0$ (siendo X el tiempo).

De todas formas, el encontrar un modelo universal utilizable para todas las especies resulta prácticamente imposible, ya que, por un lado, el crecimiento es una característica de las poblaciones (MARGALEF, 1974), y por otro, las distintas modalidades metabólicas a que están sujetas las especies hacen variar los modelos.

Sin duda, uno de los modelos más ampliamente extendidos es el de las llamadas curvas de Bertalanffy, utilizadas frecuentemente en investigaciones pesqueras (LOPEZ-VEIGA, 1979; GUERRA, 1979), aunque gozan también de detractores. El acierto de tal modelo se debe a que responde a dos fenómenos biológicos importantes (GALL, 1972). El primero de ellos

consiste en considerar que el crecimiento se produce por la interacción entre los fenómenos de anabolismo y catabolismo; y que éstos son función del peso corporal, lo cual se pone de manifiesto con la siguiente expresión:

$$dW/dt = aW^m - bW^n$$

Las tasas de anabolismo y catabolismo están representadas por a y b , respectivamente; los exponentes m y n son constantes que indican que estos dos procesos son una función potencial del peso; W significa el peso, y t , el tiempo.

El segundo acierto se basa en el hecho biológico conocido de que el anabolismo es más proporcional a la superficie que al peso (al menos en grupos tales como los mamíferos). Este fenómeno se conoce también como ley de Rubner. De este modo, m toma el valor de $2/3$ (relación superficie/volumen), y n se hace igual a la unidad; ya que, matemáticamente, las desviaciones pequeñas de n respecto de la unidad no influyen en la forma de la curva; y también porque, experimentalmente, el catabolismo parece aproximadamente proporcional a la masa corporal presente (BERTALANFFY, 1968).

De acuerdo con lo indicado ($m = 2/3$ y $n = 1$), y suponiendo el peso proporcional al cubo de las dimensiones lineales, la expresión anterior puede derivarse, quedando otra equivalente:

$$L = L_f \left[1 - e^{-K(t-t_0)} \right]$$

Siendo L_f la longitud máxima que puede alcanzar el animal, K y t_0 son constantes, y t el tiempo (la variable independiente).

- Aplicación de distintas funciones a los datos y justificación de la elección del modelo.

Como ha quedado apuntado anteriormente, se ha tratado de buscar algún tipo de ecuación general que permitiera un estudio simultáneo de las medidas obtenidas, ensayando el ajuste de una misma función a dichas

medidas. Tal propósito supone la resolución de una serie de limitaciones y problemas previos, a veces inherentes a los datos, otras a los modelos, que expondré a continuación:

1. En primer lugar, se ha desechado el intentar un ajuste de regresión curvilínea, en busca de una función polinómica del tipo $Y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$, debido en parte a la complicación del cálculo, pero sobre todo por la dificultad de interpretar una función de este tipo desde el punto de vista biológico.

Por ello, se ha preferido un análisis de regresión lineal, mediante una transformación adecuada de los datos que permitiese un ajuste *lineal* a las distintas funciones ensayadas.

Para llevarlo a cabo me encontré con una dificultad secundaria: no parecía conveniente realizar el análisis de regresión utilizando las medias por edades (Tabla 4.1.2.), debido al diferente tamaño de datos que representan, como ya se ha dicho anteriormente. Para tratar de amortiguar este efecto, se ha empleado el análisis de regresión de más de un valor de Y por cada valor de X, según sugieren SOKAL y ROHLF (1979), basado en la aplicación de un doble análisis de la varianza. El primero de ellos separa la variación de la variable dependiente Y, existente entre los grupos (conjunto de valores de Y para un solo X), de la variación existente dentro de los grupos. El segundo separa la variación entre los grupos, en la varianza debida al efecto de la regresión y en una varianza residual.

Después, se comprueba la significación de las distintas varianzas por medio de *test* de F.

2. La segunda dificultad consistía en saber cuál debe ser el criterio correcto para valorar el mejor ajuste, es decir, cuál de las funciones empleadas se ajusta mejor a los datos. RUSSELL (1972) señala esta misma dificultad en modelos aplicados al crecimiento, ya que, por lo general, la simple significación estadística de la regresión no es suficiente para que el modelo resulte satisfactorio, y sugiere utilizar más de un solo criterio.

Uno de ellos es el de tratar de minimizar la varianza residual (S^2_{yx}) para establecer el mejor ajuste. La varianza residual, también llamada no

explicada o error típico de la regresión, mide la cantidad de variación de la variable dependiente que no se explica por la variación de X, pero tiene el inconveniente de que viene afectada por la transformación que se haga de los datos (por ejemplo, la logarítmica), lo cual dificulta la comparación entre distintas funciones.

Otro criterio es la utilización del coeficiente de correlación (r), o mejor, de su cuadrado (r^2) o coeficiente de determinación. Representa la proporción de la variación que experimenta la variable dependiente, que es debida a la variación de la variable independiente (por ejemplo, si $r^2 = 0.89$, el 89% de la variación de la longitud se expresa por la variación de la edad).

Aunque contribuye a la apreciación del ajuste entre dos variables, el coeficiente de determinación no parece ser el estadístico ideal, y en general, se considera de menor importancia que el error típico (RUSSELL, 1972).

Por último, se ha pensado en otro valor que puede constituir un criterio adecuado a la hora de comparar ajustes de distintas funciones para un mismo grupo de datos. Este es uno de los valores de F que se obtienen al hacer el análisis de la regresión, y que consiste en el cociente entre la varianza residual y el cuadrado medio dentro de los grupos: $F_s = S^2_{yx}/MS_d$, siendo MS_d el cociente entre la suma de cuadrados dentro de los grupos y los grados de libertad. Intuitivamente, es un valor que mide la proporción entre la distancia de la media de los valores de Y a la recta de regresión, y la dispersión de los valores de Y en torno a esa media. Aunque la varianza residual esté afectada por la transformación de los datos, la proporción con MS_d no parece estarlo, y el valor de F_s podría ser una buena medida del ajuste, al menos para un mismo conjunto de datos.

En la Tabla 4.1.4. se dan los valores de los tres criterios expuestos hallados en el análisis de regresión para distintas funciones aplicadas a una misma variable elegida al azar: la alzada a la cruz, AC. En aquellas transformaciones en que la variable independiente está afectada por un logaritmo, se ha sumado una unidad a los datos, para evitar la indeterminación de la edad al nacimiento.

Como puede observarse en la tabla, los valores de F_s son mínimos para las dos últimas transformaciones, es decir, para el modelo de Bertalanffy y para la función $Y = 1/-m \log (X + 1) + b$, y son las que propor-

Tabla 4.1.4.

Valores de la varianza residual (S^2_{yx}), coeficiente de determinación (r^2) y $F_s = S^2_{yx} / MSd$, para las regresiones de la alzada a la cruz con la edad (en días), según distintas funciones.

Transformación						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
AC	Y,X	log Y,X	Log Y, log (X+1)	1/log Y, log (X+1)	ln Yf- Y/Yf,X	1/Y, log 1/X+1
hembras						
S^2_{yx}	67,809	0,0092	0,0040	0,00038	0,02870	0,000005
F_s	18,84	30,66	12,54	7,96	7,17	5,11
r^2	0,8825	0,8792	0,9099	0,9279	0,8768	0,9317
machos						
S^2_{yx}	77,783	0,0092	0,0042	0,00038	0,2441	0,000005
F_s	13,21	15,26	7,08	4,22	3,66	2,43
r^2	0,8792	0,8150	0,8965	0,9068	0,8852	0,9133

Nota: La regresión (1) es la realizada con los datos brutos y la edad, sin ningún tipo de transformación.

La regresión (2) supone el ajuste de una función exponencial del tipo $AC=b.m^t$, que mediante la aplicación de logaritmos queda transformada en la recta: $\log AC = t. \log m + \log b$.

La regresión (3) es la de una función potencial $AC = b.t^m$, cuya transformación logarítmica da: $\log AC = m. \log t + \log b$.

Las regresiones (4) y (6) representan funciones de tipo exponencial algo más complicadas que (2).

Por último, la regresión (5) es la función de Bertalanffy, de tipo hiperbólico, que mediante una transformación adecuada se convierte en rectilínea:

$$\ln \frac{Y_f - Y}{Y_f} = mX + b$$

En todos los casos, la variable independiente (X) es el tiempo (t), y la variable independiente (Y) es una dimensión longitudinal, en este caso la altura a la cruz (AC).

cionan un mejor ajuste a los datos de entre las funciones ensayadas. Esto se ha comprobado también por medio de representaciones gráficas.

Podría alegarse que, de haber elegido otra variable distinta a la alzada a la cruz, los resultados hubieran sido distintos. Efectivamente, esto podría ser cierto, sobre todo para medidas con pequeña velocidad inicial y con crecimiento relativamente uniforme, tales como el perímetro de la caña y la longitud de la caña anterior (PCñ. y L Cñ ant.), en las cuales una regresión lineal simple posiblemente produciría un ajuste satisfactorio. Pero éste no es el caso de la mayoría de las medidas, que presentan por lo general una fuerte velocidad de crecimiento inicial y una tendencia asintótica al final. Por eso, se ha preferido la aplicación de un modelo más general que pudiese englobar a todas las variables.

Llegados a este punto, y en relación con lo antedicho, se presenta una tercera dificultad:

3. Las funciones que mejor se ajustan a las medidas externas en general son la (5) y la (6), y más concretamente la última de ellas, que normalmente proporciona valores más bajos de F_s para todas las variables. Esto puede comprobarse comparando los valores de F_s en la Tabla 4.1.5. con los valores obtenidos aplicando el modelo de Bertalanffy (Tablas 4.1.6. y 4.1.7.).

El hecho de que la función $Y = 1 - m \log X + b$ ofrezca el mejor ajuste para la mayoría de variables en general, de entre las funciones ensayadas, podría inducir a aceptar dicha función como el mejor modelo para el análisis de crecimiento concreto que aquí se pretende. Sin embargo, presenta un inconveniente grave, y es que no responde a ningún fenómeno biológico real, es decir, su interpretación biológica es dudosa.

Esta función corresponde a una curva de tipo hiperbólico potencial, que, para el intervalo comprendido entre $X = 1$ y $X = 360$, se ajusta muy satisfactoriamente a los datos. Podría ser útil a efectos de predicción durante el intervalo mencionado, pero no en cuanto a modelo general que nos ayude a la comprensión e interpretación de los fenómenos de crecimiento de las medidas que se estudian.

Tabla 4.1.5.

Valores encontrados para el ajuste de la función $Y = lI - m \log X + b$ a las medidas externas (Y) respecto al tiempo (X)

	HEMBRAS				Fs	m	b	MACHOS			
	m	b	S ² · 10 ⁻⁶	r ²				S ² · 10 ⁻⁶	r ²	Fs	
AC	0,0069	0,0330	5,4	0,9317	5,11+++	0,0072	0,0324	5,1	0,9133	2,43+	
P Tor	0,0090	0,0341	11	0,9162	4,09+++	0,0088	0,0328	6,2	0,9443	3,96+++	
Al Isq	0,0078	0,0415	18	0,8438	4,33+++	0,0084	0,0411	12	0,8904	3,96+++	
Al Cor	0,0109	0,0731	31	0,7477	1,53n.s	0,0127	0,0725	17	0,8053	0,76 n.s	
P Cñ	0,0256	0,1925	490	0,6843	4,76+++	0,0302	0,1893	233	0,7920	2,26+	
DL	0,0091	0,0366	3,4	0,9491	1,42 n.s.	0,0090	0,0351	5	0,9505	3,08++	
D D-E	0,0218	0,0917	52	0,9262	3,93+++	0,0217	0,0873	63	0,8962	3,00++	
DB	0,0414	0,1462	45	0,9287	0,58 n.s	0,0397	0,1393	199	0,8822	2,01+	
DLcab	0,0211	0,0989	52	0,9144	2,92++	0,0216	0,0954	71	0,8991	4,06+++	
D Tr	0,0310	0,1672	34	0,9530	1,33 n.s	0,0322	0,1622	89	0,9167	2,01+	
L Cñ _p	0,0123	0,0894	83	0,7584	5,51+++	0,0127	0,0860	49	0,7518	2,02+	

Tabla 4.1.6.

Valores de las constantes para la regresión lineal de las medidas (cm) respecto a la edad (días) según la ecuación de Bertalanffy. Hembras.
(Explicación en el texto).

	Lf	n	-K	-b	S _k	S ² _{yx}	r ²	Fs
AC	70	72	0,0076	0,6489	0,0006	0,2870	0,8768	7,17+++
P Tor	93	73	0,0079	0,4143	0,0005	0,1531	0,9318	6,22+++
Al Isq	51	73	0,0062	0,8031	0,0004	0,1310	0,8636	2,69++
Al Cor	24,5	73	0,0051	1,0605	0,0005	0,1966	0,7352	2,57++
P Cñ	8,5	73	0,0061	1,2039	0,0008	0,5298	0,6551	3,90+++
DL	73	73	0,0081	0,6326	0,0005	0,2223	0,8942	4,38+++
DD-E	30	72	0,0064	0,5703	0,0003	0,0580	0,9556	5,21+++
DB	24	72	0,0068	0,4545	0,0004	0,1392	0,9304	2,75++
DLeab	23,1	73	0,0076	0,7105	0,0006	0,3034	0,8671	6,64+++
DTr	11,7	73	0,0072	0,9370	0,0005	0,1739	0,8527	2,33+
L Cñ _p	20	73	0,0049	0,9793	0,0006	0,3026	0,7347	7,26+++
LTb	23	73	0,0043	0,8097	0,0006	0,2737	0,6891	6,08+++
L Fm	25	66	0,0070	0,7243	0,0004	0,0959	0,8226	0,85 ns
L Cñ _a	15	61	0,0032	1,0970	0,0005	0,1697	0,5831	3,24++
L Ra	20	72	0,0054	0,7497	0,0006	0,2331	0,7618	3,62+++
L Hm	19	73	0,0056	0,7246	0,0006	0,2368	0,8166	6,06+++

Tabla 4.1.7.

Valores de las constantes para la regresión lineal de las medidas externas (cm) respecto a la edad (días)
según la ecuación de Bertalanffy. Machos.

	Lf	n	-K	-b	SK	S ² _{yx}	r ²	Fs (13,45)
AC	75	60	0,0086	0,6057	0,0006	0,2441	0,8852	3,66+++
P Tor	109	60	0,0073	0,3238	0,0006	0,2284	0,8642	4,20+++
Al Isq	54	60	0,0079	0,7314	0,0006	0,2007	0,8846	3,49++
Al Cor	27	60	0,0057	0,9600	0,0009	0,5240	0,6582	5,75+++
P Cñ	9,3	60	0,0094	1,0047	0,0007	0,2749	0,8819	3,09++
DL	83,5	60	0,0082	0,5052	0,0003	0,0651	0,8899	0,66 ns
D D-E	34	60	0,0080	0,4514	0,0003	0,0437	0,9385	0,92 ns
DB	26	60	0,0064	0,4397	0,0004	0,1004	0,9208	4,87+++
DLcab	25	58	0,0096	0,6632	0,0008	0,2874	0,8456	2,50+
D Tr	12,8	60	0,0070	0,8740	0,0003	0,0657	0,9494	3,63+++
L Cñ _p	21	60	0,0056	0,9831	0,0006	0,2135	0,7858	3,51++
L Tb	24	60	0,0042	0,8376	0,0006	0,2148	0,6847	3,96+++
L Fm	27	54	0,0063	0,7409	0,0006	0,2316	0,8216	4,30+++
L Cñ _a	16,5	50	0,0033	0,9646	0,0005	0,1186	0,6588	2,68++
L Ra	22	60	0,0046	0,7046	0,0005	0,1609	0,8165	7,18+++
L Hm	21,5	60	0,0046	0,6663	0,0006	0,2324	0,7311	5,40+++

Por otro lado, existe el problema de la significación de los valores de F_s utilizados como criterio de ajuste. Según SOKAL y ROHLF (1979, p. 475),

"la significación de la varianza residual respecto al cuadrado medio dentro de los grupos, podría significar o bien que Y es una función curvilinear de X o bien que existe una gran heterogeneidad aleatoria de los grupos alrededor de la línea de regresión".

También podría interpretarse en el sentido de que los datos dentro de los grupos son muy homogéneos: aparecen muy agrupados en torno a su media. Como puede verse en las Tablas 4.1.5, 4.1.6. y 4.1.7, la mayor parte de los valores de F_s son significativos al nivel del 99% con algunas excepciones. Ello permite suponer que, a pesar de que existe una regresión real y significativa (el *test* de F entre la varianza explicada y no explicada proporciona valores altamente significativos en todos los casos), es posible todavía que existan funciones que se ajusten mejor (modelos de tipo curvilinear), o bien que la heterogeneidad de los datos no permiten mejorar la bondad del ajuste.

Como resumen y por todas las razones expuestas, se ha creído más conveniente utilizar la expresión de Bertalanffy para el análisis del crecimiento longitudinal externo, ya que, aparte de presentar un ajuste aceptable, responde a unos fenómenos biológicos precisos.

- b) Resultados y discusión: aplicación del modelo de von Bertalanffy al crecimiento de las medidas externas.

La curva de la función $L = L_f (1 - e^{-kt-b})$ responde a las características del crecimiento postnatal, expuestas con anterioridad: crecimiento exponencial inicial, lo cual significa aumentos rápidos de las longitudes poco después del nacimiento; tendencia asintótica para valores elevados de X, lo cual se interpreta como un descenso del crecimiento a medida que se aproxima al tamaño adulto; intersección con el eje de ordenadas en un punto $Y > 0$, cuyo significado es el del tamaño específico al nacimiento; e indefinición de la función para valores de $X < 0$, lo cual debe interpretarse como la exclusividad del modelo para el período postnatal. En definitiva, la

ecuación de Bertalanffy refleja el hecho de que la diferencia relativa de una medida respecto a su tamaño límite disminuye de forma exponencial con el tiempo.

En las Tablas 4.1.6 y 4.1.7. se exponen los resultados del análisis de regresión (varios valores de Y para cada X), con la ecuación transformada en forma lineal:

$$\ln \frac{L_f - L}{L} = -kt - b$$

L_f es el valor de la asíntota, es decir, el valor máximo supuesto para esa medida;

n es el número de datos;

b , la intersección con el eje de ordenadas;

K es la pendiente de la recta;

S_m es el error de la pendiente;

S^2_{yx} es la varianza residual;

r^2 , el coeficiente de determinación, y

F_s , el cociente entre la varianza residual y el cuadrado medio dentro de los grupos. Se ha comprobado su significación, para 13 y 57 grados de libertad en las hembras, y para 13 y 47 en los machos.

En la Figura 4.1.2. se representan las rectas de la ecuación transformada de Bertalanffy para las hembras. Por razones de espacio y simplificación gráfica se han representado sólo los valores medios para cada edad.

• Elección del valor asíntótico

Una de las exigencias que presenta la ecuación de Bertalanffy es la de tener que asignar un tamaño máximo o asíntótico para la variable dependiente. En nuestro caso, podría adoptarse el criterio de tomar los valores medios de las medidas externas de los animales adultos, que se expresan en la Tabla 4.1.8.

Tabla 4.1.8.

Medidas externas de los animales adultos (véase explicación en el texto).

										Machos				
Hembras														
	n	\bar{x}	s	lím. al 95%	conf.	lím. rech. ind.	n	\bar{x}	s	lím. al 95%	conf.	lím. rech. ind.	F	t
AC	31	62,710	2,875	± 1,054		± 5,965	3	66,3	2,082	± 5,172		± 10,34	n.s.	++
P Tor	31	84,540	2,890	± 1,060		± 5,996	3	87	3,905	± 9,701		± 19,40	n.s.	n.s.
Al Isq	31	45,774	2,418	± 0,887		± 5,017	3	50,17	0,764	± 1,898		± 3,80	n.s.	+++
Al Cor	31	22,169	1,714	± 0,629		± 3,556	3	23,5	1,5	± 3,727		± 7,45	n.s.	n.s.
P Cñ	31	8,090	0,212	± 0,078		± 0,44	3	8,8	0,346	± 0,860		± 1,72	n.s.	++
DL	31	72,468	3,085	± 1,131		± 6,4	3	78,083	2,696	± 6,698		± 13,40	n.s.	++
DD-E	31	30,339	0,820	± 0,301		± 1,701	3	34,167	1,041	± 2,586		± 5,17	n.s.	+++
DB	31	20,290	1,861	± 0,683		± 3,861	3	20,917	0,144	± 0,358		± 0,72	++	n.s.
DLcab	31	23,111	1,332	± 0,489		± 2,763	2	24,75	0,071	± 0,638		± 1,10	+	+++
D Tr	31	11,739	0,303	± 0,111		± 0,629	3	12,767	0,666	± 1,655		± 3,31	+	+
LCñ _p	31	18,839	1,044	± 0,383		± 2,166	3	20	0					+++
L Tb	31	21,218	2,167	± 0,795		± 4,496	3	21,667	1,528	± 3,796		± 7,59	n.s.	n.s.
L Fm	31	23,573	1,007	± 0,369		± 2,089	3	24,917	0,382	± 0,949		± 1,90	n.s.	+++
LCñ _a	31	13,903	0,978	± 0,359		± 2,029	1	14						
LRa	31	18,879	0,955	± 0,35		± 1,981	3	20,333	1,528	± 3,796		± 7,59	n.s.	n.s.
L Hm	31	18,306	0,928	± 0,34		± 1,925	3	19,333	1,528	± 3,796		± 7,59	n.s.	n.s.

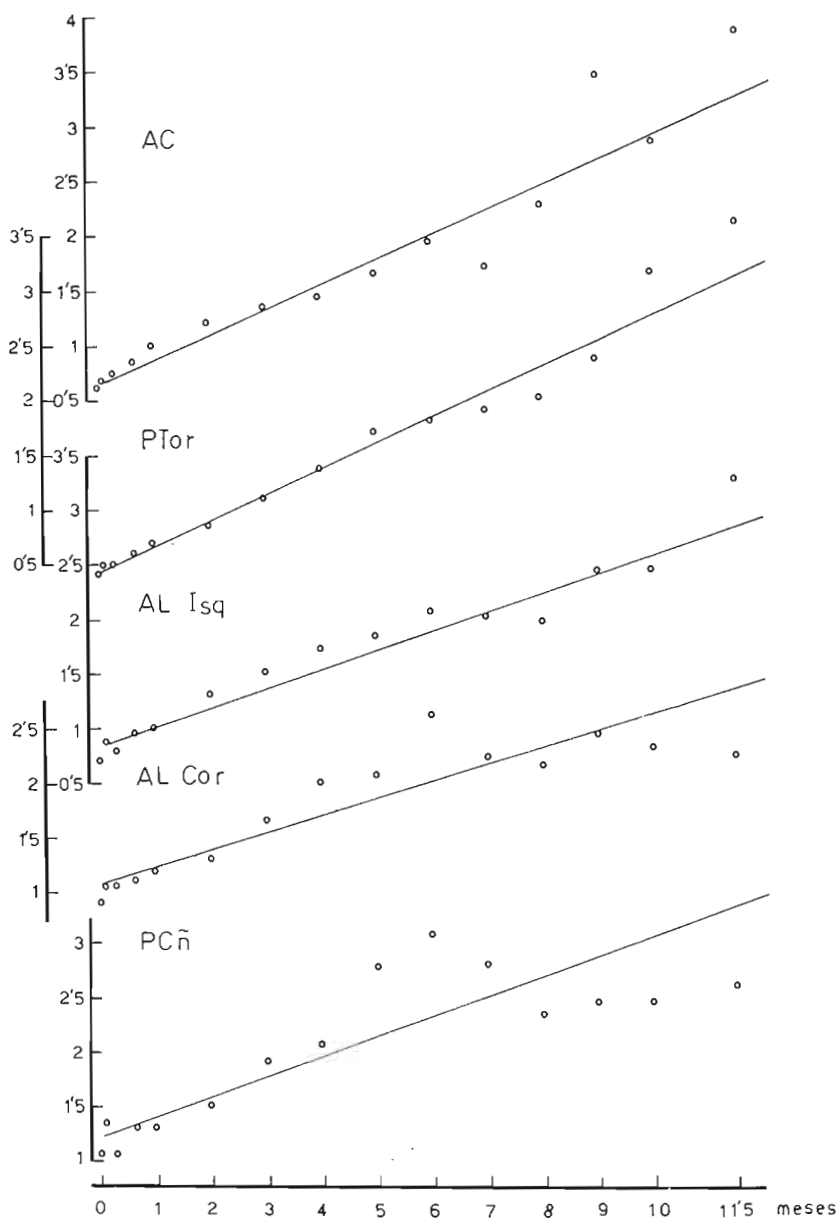


Fig. 4.1.2.

Rectas de la ecuación de Bertalanffy para las distintas medidas.

En ordenadas, datos transformados según $\ln \frac{L_f - L}{L_f}$ en valor absoluto.

Se representan sólo valores medios de las hembras.

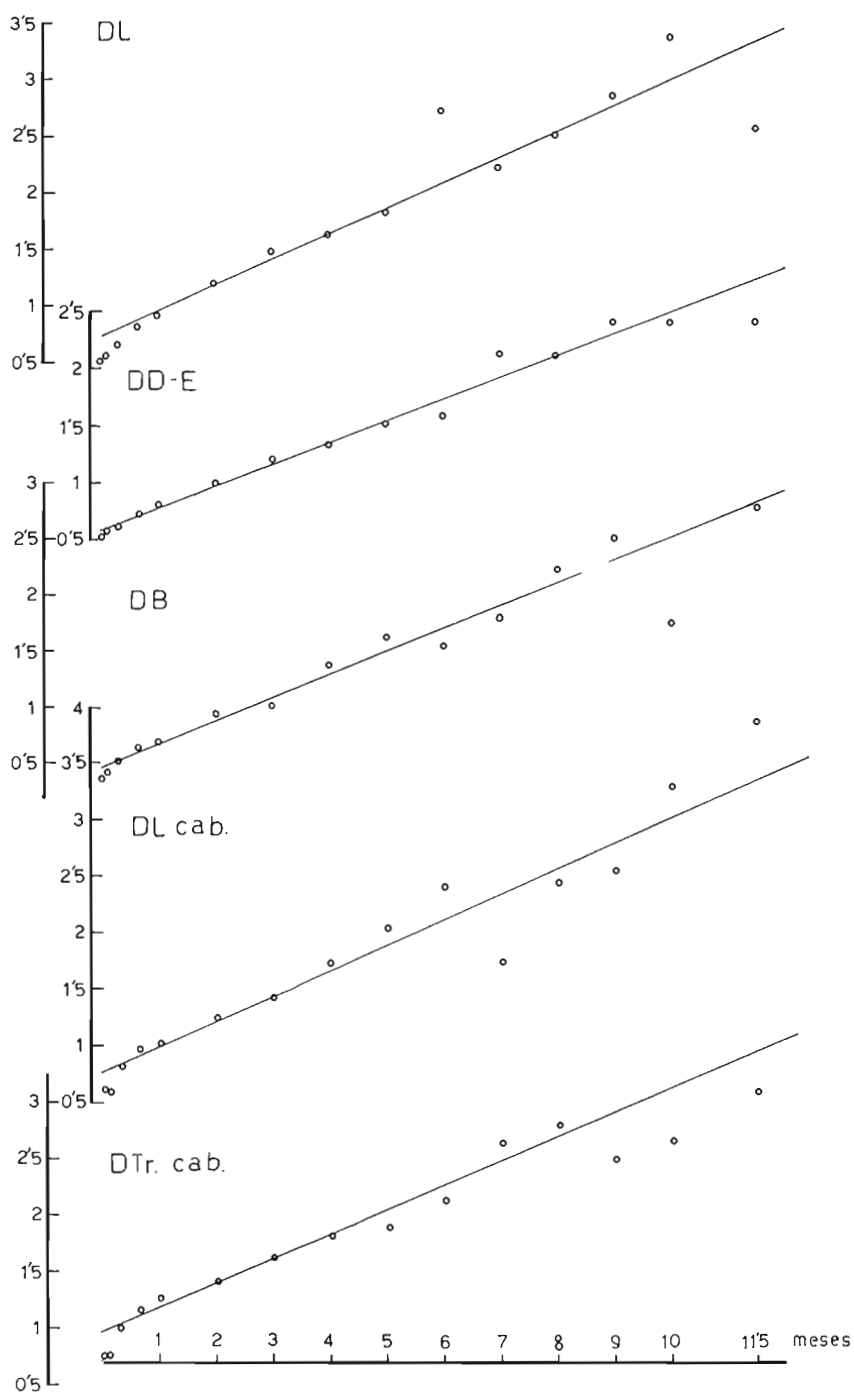


Fig. 4.1.2. (continuación)

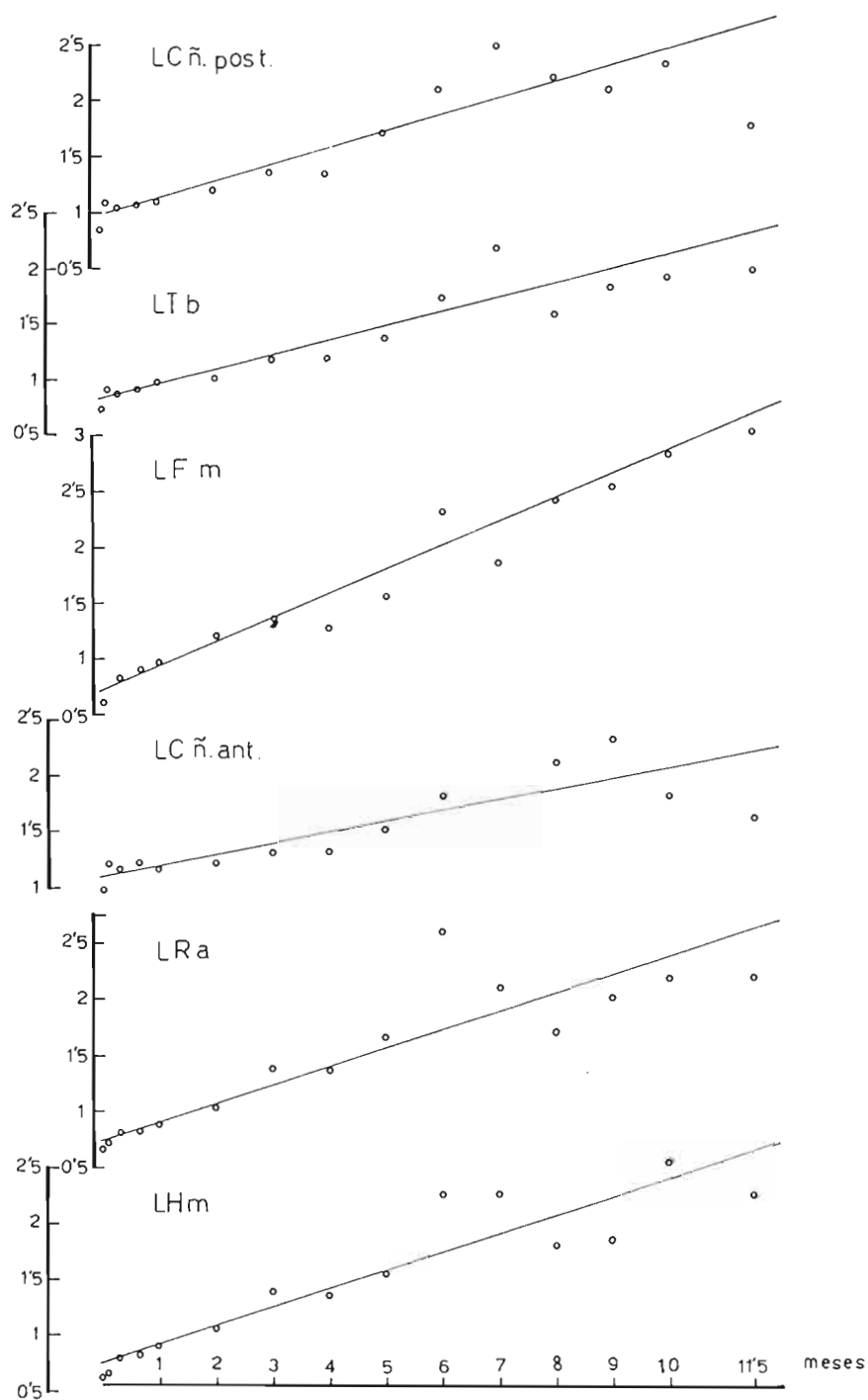


Fig. 4.1.2. (continuación)

En dicha tabla se indica el valor medio (\bar{X}), el número de datos (n) y la desviación típica (s) para cada sexo y medida. La cuarta columna indica los límites de confianza al 95% para la media poblacional, y la quinta (límite de rechazo individual) señala los límites dentro de los cuales un solo valor individual no puede considerarse significativamente distinto de la media adulta con una probabilidad del 95% según el *test*:

$$t = X - \bar{X} / s \sqrt{\frac{n-1}{n}} \quad (\text{SOKAL y ROHLF, 1979, p. 249})$$

A la derecha de la Tabla 4.1.8. se expresan los resultados de los *test* de diferencia de medias entre ambos sexos. La columna t indica el nivel de significación. Como en otras ocasiones: n.s. = no significativo; + = diferencia significativa al nivel del 0'05; ++ = nivel del 0'01; +++ = nivel del 0'001. La columna F expresa los resultados del *test* de F entre las varianzas. La significación de F indica que los resultados del *test* de t entre la diferencia de medias deben tomarse con cautela. Los valores de los adultos se han representado en la Figura 4.1.1, y 4.1.4. al final de las curvas.

Sin embargo, adoptar la media del tamaño adulto como valor límite para una medida determinada presenta en nuestro caso dos problemas: el primero es que el pequeño tamaño de las muestras de los machos hace poco fiable esta medida, como puede verse por sus amplios límites de confianza; el segundo, que muchas medidas alcanzan el tamaño definitivo antes del año, y la variación individual provoca que en muchos casos los jóvenes presenten valores más altos que la media adulta, hacia el final del período (ver Figura 4.1.1.). Esto hace que para tales valores no pueda aplicarse la transformación

$$\ln \frac{L_f - L}{L_f}$$

para obtener la regresión, ya que L sería mayor que L_f , dando lugar a una indeterminación.

Por estas razones, se ha optado por tomar el valor máximo individual observado entre los jóvenes como valor límite o asintótico (L_f), dentro de cada medida y sexo, que es el que figura bajo la columna L_f en las Tablas

4.1.6. y 4.1.7 (compárese con los valores medios de los adultos de la Tabla 4.1.8). Por otro lado, este valor final asignado ha entrado siempre dentro de los límites de rechazo individual de la Tabla 4.1.8; es decir, individualmente, esta medida no difiere significativamente de la media adulta con una probabilidad del 95%, salvo en dos excepciones: la alzada a la cruz y el perímetro torácico, que superan este límite a causa de estar sobrevaloradas por el crecimiento de la lana (ver Fig. 4.1.1.). Ocurriría lo mismo en cuanto al diámetro bicostal (los corderos estudiados no se esquilaron durante todo el período del año, mientras que los adultos lo habían sido 5 meses antes de la medición).

• Discusión

Volviendo a las Tablas 4.1.6. y 4.1.7, pasaré a comentar los resultados expuestos y su posible explicación, centrándome principalmente en los valores de K y b . De la representación gráfica de la función $L = L_f (1 - e^{-kt-b})$ con los valores mencionados resultan curvas hiperbólicas del tipo de las mostradas en la Fig. 4.1.3. En dicha figura se han representado los valores de longitud en función del tiempo, para dos valores asintóticos arbitrarios: $L_f = 90$ cm. (fig. superior), $L_f = 40$ cm. (fig. inf.); y pueden servir para interpretar el significado de los valores de K y b obtenidos a partir de un estudio de la función.

Las cuatro curvas de cada figura representan los valores máximos y mínimos (en valor absoluto) encontrados para dichas constantes. Las dos curvas a trazos corresponden a valores altos de b ($-b = 1'2$), y dentro de ellas, la superior (aa) corresponde a un valor alto de K ($-K = 0'01$) y la inferior (ba) a un valor bajo ($-K = 0'004$). Las curvas continuas son para valores bajos de b ($-b = 0'4$), con los mismos valores alto (ab) y bajo (bb), de K .

A partir de estas curvas teóricas, construidas con valores extremos, puede interpretarse el tipo de crecimiento que experimentan las distintas medidas. Así, las curvas con valores altos de K , de tipo más convexilíneo (aa y ab), representan una velocidad de crecimiento grande, sobre todo en las etapas iniciales, alcanzando pronto valores muy próximos a su tamaño definitivo. Las de valores bajos de K , de tipo más rectilíneo (ba y bb), representan una velocidad de crecimiento lenta y más constante. Se van

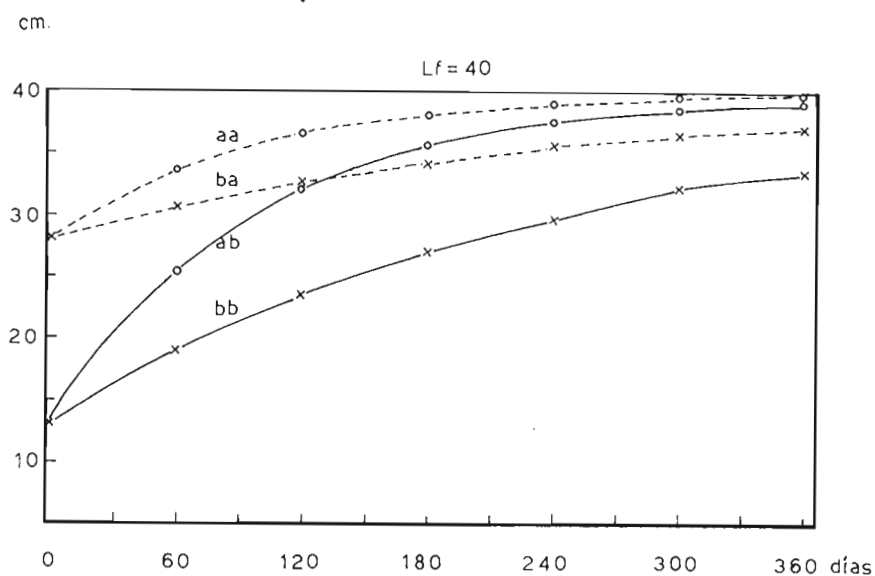
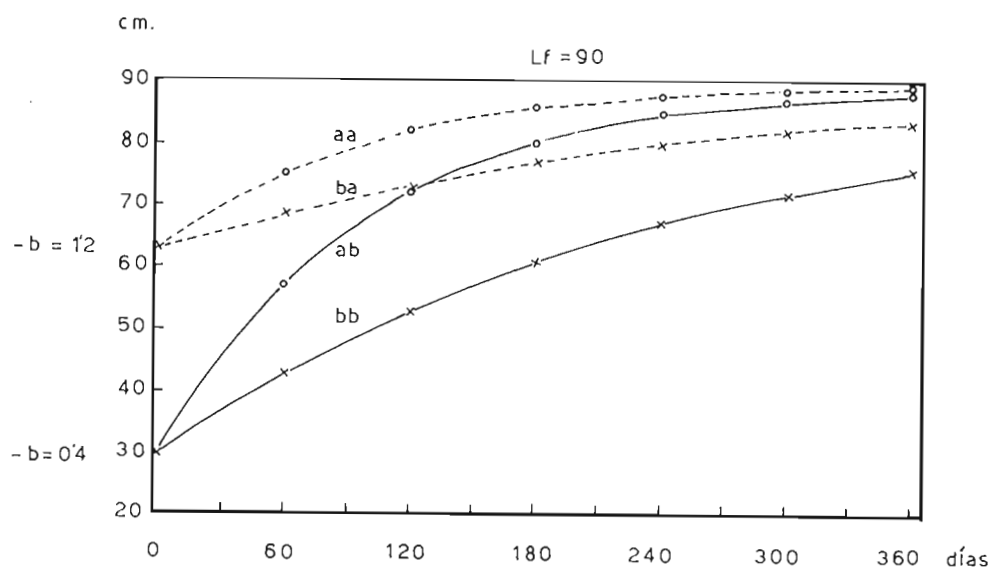


Fig. 4.1.3.

Curvas de crecimiento teóricas obtenidas aplicando a la ecuación de Bertalanffy $L = L_f(1 - e^{-kt-b})$ los valores máximos y mínimos de K y b , hallados experimentalmente.

Las dos figuras se diferencian tan sólo en el valor asintótico final (L_f).

acercando a su tamaño final de una manera más uniforme. Los valores alto y bajo de b son indicadores del punto de partida; es decir, si la medida en cuestión se halla más o menos próxima a su tamaño final en el momento del nacimiento. Como puede observarse comparando las figuras superior e inferior, el valor de la asíntota no modifica la forma de las curvas.

Se han tratado de clasificar las distintas medidas, a partir de la variación conjunta de los valores de K y b , obtenidos en las regresiones (Tablas 4.1.6. y 4.1.7.), asignándoles a éstos una categoría de "alto" o "bajo", de forma aproximada. El procedimiento utilizado consiste en dividir el rango de variación de las constantes en tres partes: los valores comprendidos dentro del tercio inferior se han considerado como bajos; los comprendidos en el tercio superior, como altos, y los del tercio intermedio, como normales. Este criterio puede parecer un tanto rudimentario. Sin embargo, debe tenerse en cuenta, en primer lugar, que el error de la pendiente (S_m) es relativamente alto (ver Tablas 4.1.6. y 4.1.7), y, por otra parte, que la dificultad de fijar el valor máximo (L_f) le confiere una cierta imprecisión, la cual repercute a su vez en los valores de K obtenidos. Estas razones hacen desaconsejable la utilización de procedimientos más precisos, y sugieren la validez del criterio empleado, a todos los efectos prácticos.

Según esto, se ha confeccionado la Tabla 4.1.9, donde se asigna a cada medida el criterio que se ha expuesto.

La interpretación de los resultados puede completarse con la observación de la Fig. 4.1.4., que representa las curvas de crecimiento en tantos por ciento respecto al tamaño definitivo, que en nuestro caso es el tamaño máximo encontrado en los animales en crecimiento. Estas curvas experimentales, en cierto modo, son asimilables a las curvas teóricas resultantes de la aplicación del modelo de Bertalanffy, y como podrá observarse, la correspondencia es bastante buena.

De la observación de la Tabla 4.1.9. se deduce que existen grupos de medidas que durante su crecimiento muestran un comportamiento similar:

1. Así, parece observarse un grupo con *valores de K altos y b bajos*, formado por: alzada a la cruz (AC), perímetro torácico (P Tor), diámetro longitudinal (DL), diámetro dorso-esternal (D D-E) y diámetro bicostal (DB). Este grupo de medidas se corresponderían con un

Tabla 4.1.9.

Clasificación de los valores de K y b de las curvas ajustadas, para las distintas medidas y sexos (en valor absoluto).

	Hembras		Machos	
	K	b	K	b
AC	alto	bajo	alto	
P Tor	alto	muy bajo		muy bajo
Al Isq			alto	
Al Cor		alto		
P Cñ		muy alto	alto	muy alto
DL	alto	bajo	alto	bajo
D D-E		bajo	alto	bajo
DB	alto	muy bajo		muy bajo
DLcab	alto		alto	
D Tr	alto	alto	alto	alto
L Cñ _p	bajo	alto	bajo	alto
L Tb	bajo		bajo	
L Fm	alto			
L Cñ _a	bajo	alto	bajo	alto
L Ra			bajo	
L Hm			bajo	

modelo de crecimiento como el de la curva *ab* de la Fig. 4.1.3. Como se observa, todas ellas son medidas del tronco (de longitud, profundidad y anchura) o relacionadas con él (AC). Los valores bajos de b indican que, en el nacimiento, estas medidas son relativamente pequeñas respecto a su tamaño definitivo; menos del 40% según puede observarse en la Fig. 4.1.4. (excepto la alzada a la cruz, que tiene dos componentes: uno del tronco y otro de las extremidades).

El hecho de tener un valor alto de K (velocidad de crecimiento grande) debe interpretarse como que se trata de dimensiones que crecen rápidamente, pero sobre todo, que lo hacen durante los primeros meses, alcanzando relativamente pronto tamaños próximos al definitivo (curvas de tipo convexo). Los motivos de este comportamiento pueden obedecer a varias

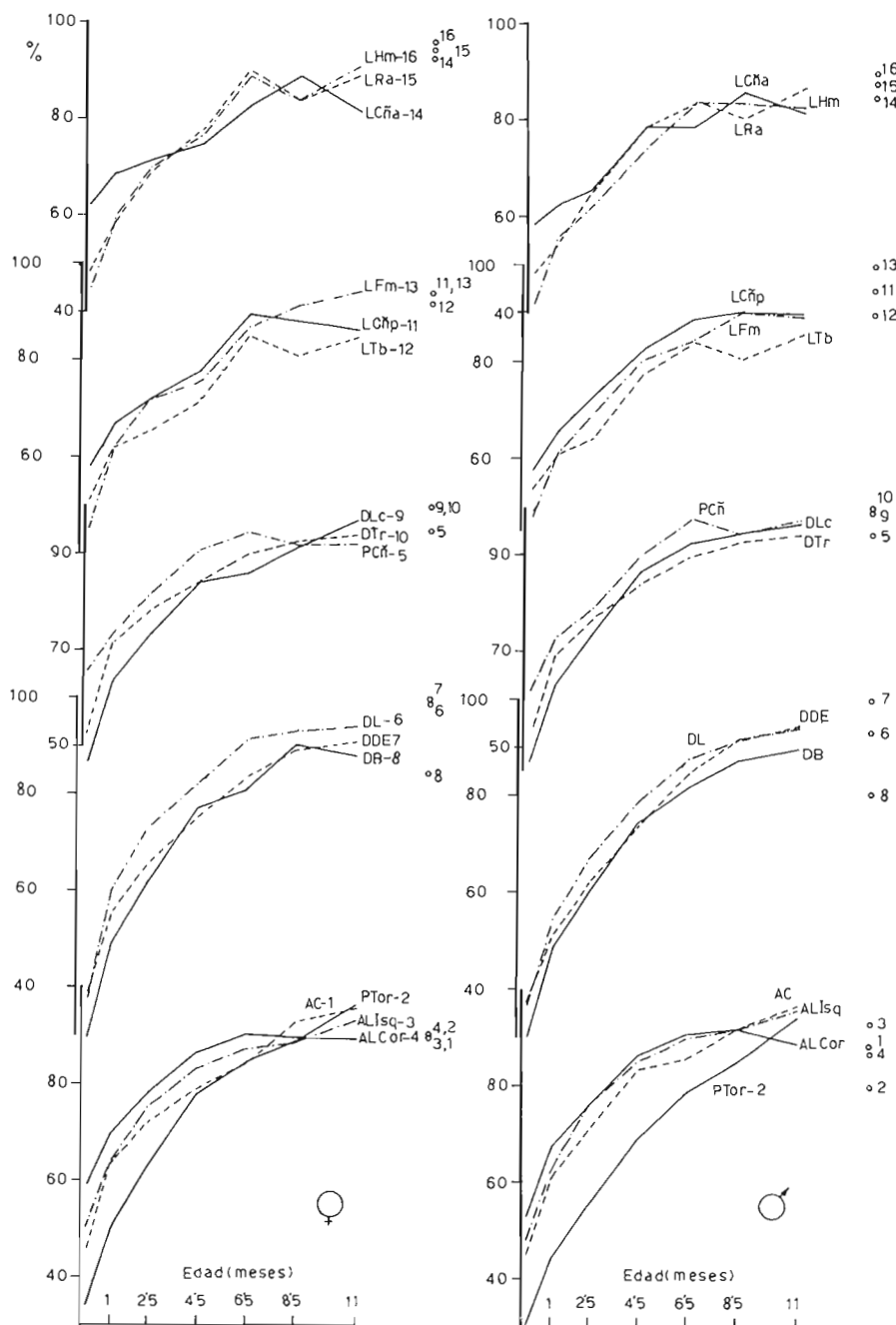


Fig. 4.1.4.

Curvas de crecimiento de las medidas externas en % respecto al tamaño máximo. A la derecha, el valor del adulto.

causas: como hipótesis podría pensarse, por un lado, que los valores bajos de b fuerzan en cierta manera a mantener valores altos de K (el hecho de tener "mucho tramo que recorrer" obliga a mantener la velocidad alta). Otra hipótesis más plausible sería la necesidad por parte del animal de desarrollar rápidamente sus dimensiones corporales, motivado por ejemplo por el gran desarrollo visceral, y en parte por el de las masas musculares.

Como particularidades podrían destacarse: el valor no demasiado alto que alcanzan el perímetro torácico (P Tor) y el diámetro bicostal (DB) de los machos (la componente que parece intervenir más en el perímetro torácico es el diámetro bicostal, más que el dorso-esternal), lo cual se evidencia bien en las curvas de la Fig. 4.1.4., mostrando el P Tor de los machos un trazado más rectilíneo. Muy posiblemente, esto se debe a una sobrevaloración del límite máximo de los machos, más que a una diferencia sexual real.

Por otra parte, pueden destacarse las diferencias de comportamiento de la alzada a la cruz (valor de b más alto que el resto de medidas de este grupo) debido a la doble componente de esta dimensión (corporal y apendicular).

2. Parece deducirse también la existencia de otro grupo de medidas con un crecimiento similar, correspondientes a las *extremidades*. Estas se caracterizan por presentar en general *valores bajos de K y altos de b* (salvo alguna excepción, que se comentará oportunamente). Siguen un tipo de crecimiento similar al de la curva *ba* de la Fig. 4.1.3, especialmente las partes más distales (longitudes de la caña anterior y posterior). El significado consiste en que se trata de dimensiones que parten de tamaños próximos al definitivo, y lo alcanzan con una velocidad relativamente baja. El hecho de tener un valor bajo de K , creo debe interpretarse como que la fase exponencial del crecimiento de las extremidades se lleva a cabo durante el período prenatal. Así, cuando nace, el animal goza de un desarrollo considerable de las mismas, lo cual permite, por ejemplo, poder seguir a su madre pocas horas después (nidifugismo)³.

³ Más acusado en las razas con menor proceso de domesticación; por ejemplo, en la lacha, que además de ser rectilínea es más "silvestre".

El desarrollo posterior puede realizarse más lentamente, pues lo que interesa entonces no es tanto la capacidad locomotora, como desarrollar rápidamente la capacidad digestiva y respiratoria, lo cual se refleja en un crecimiento rápido de las dimensiones corporales.

Dentro de este grupo de medidas, debe destacarse la excepción de la longitud del fémur (L Fm), con valores de K relativamente altos. Una posible interpretación podría buscarse en la necesidad de un desarrollo rápido de los músculos propulsores y saltadores existentes en esta región, evidentes mecanismos de defensa que caracterizan al Orden. Dentro del terreno de la hipótesis, podría pensarse también en un efecto de la domesticación: la selección artificial impuesta a la especie actuaría en el sentido de aumentar la precocidad de las regiones de mejor aprecio cárnico (DUKES, 1969, pág. 899).

Por otra parte, la mayor velocidad de crecimiento de la región femoral posiblemente sea la responsable del aumento de velocidad en la altura al isquion (Al Isq) (ver Tabla 4.1.9.), ya que sus otras dos componentes, longitud del segmento tibial y longitud de la caña posterior (L Tb y L Cñ_p), se caracterizan por un crecimiento lento.

Obsérvese también la coincidencia de las constantes de K y b en la longitud del segmento radial y humeral (L Ra y L Hm), y la coincidencia de sus curvas en la Fig. 4.1.4.

Cabe señalar también las diferencias existentes entre las extremidades anteriores y posteriores. En general, las primeras poseen velocidades de crecimiento más bajas que las segundas. Una posible explicación podría encontrarse en la distinta funcionalidad de ambas extremidades. En las anteriores, con una función principalmente de soporte, importaría más el crecimiento en grosor que en longitud; mientras que en las posteriores, con función más propulsora, ocurriría lo contrario (los datos del crecimiento alométrico en huesos coinciden con esto, GARCIA-GONZALEZ 1981 b).

La altura al corvejón (Al Cor), con valores altos de b y relativamente bajos de K, puede asimilarse perfectamente con las medidas de este grupo, y más concretamente con la longitud de la caña posterior (L Cñ_p).

3. Por último, existe un pequeño grupo de medidas con características de crecimiento semejantes, y distintas de las anteriores. Se trata de las dos dimensiones de la cabeza (Dl cab y D Tr) y del perímetro de la caña (P Cñ).

La característica parece ser la de poseer en general *valores altos de K y altos de b*. Se correspondería con un tipo de crecimiento similar al de la curva *aa* de la Fig. 4.1.3, es decir, se parte, al nacer, de dimensiones cercanas a las definitivas y se alcanzan rápidamente.

El significado biológico de este modelo de crecimiento parece un poco más oscuro, aunque pueden formularse también algunas hipótesis. En cuanto a las medidas de la cabeza, parece existir una clara diferencia entre el diámetro transversal (D Tr) y el longitudinal (D L_c). El primero parece directamente relacionado con el desarrollo del cerebro: la considerable madurez de este órgano en el momento de nacer podría ser la causa de los valores altos de *b*; mientras que la necesidad de alcanzar rápidamente el tamaño definitivo (rápido aumento de las funciones cerebrales durante los primeros estadios vitales) sería la causa de un relativo aumento en la velocidad de crecimiento, aunque no excesivo (la *K* se aproxima mucho a los valores medios).

La situación del diámetro longitudinal resulta más compleja, ya que puede desglosarse en dos componentes: una cerebral y otra facial. Por la componente cerebral, su comportamiento se asemejaría al diámetro transversal, pero las dimensiones longitudinales de la cara lo hacen variar. En el momento del nacimiento y poco después, los corderos gozan de una notable braquicefalia (ver Tabla 4.1.14 y fotografías Plancha 3); las dimensiones de la cara en longitud son pequeñas⁴. Esto hace bajar el valor de *b* a posiciones intermedias. Sin embargo, estas dimensiones experimentan pronto un rápido crecimiento (necesidad de aumento de las funciones olfativas y de masticación), haciendo que la velocidad de crecimiento en longitud de la cabeza sea una de las más altas de entre todas las medidas estudiadas (en los machos).

⁴ De hecho, el cordero nace en el seno del rebaño y los adultos se encargan de "oler" el peligro y conducirlo. Por otra parte, un "morro corto" es adecuado para la fase chupadora (lactación), mientras que la fase herbívora requiere su posterior alargamiento ("pinzas" bucales).

Por otra parte, parece existir una diferencia sexual en el crecimiento de tal dimensión. En los machos, la velocidad es mucho más alta que en las hembras (a los corderos se les "alargaría más rápidamente la cara" que a las corderas). Esto se aprecia también en la comparación de las dos curvas en la Fig. 4.1.4. Así, los machos a los 6 meses han alcanzado ya el 90% de su tamaño adulto, mientras que las hembras lo alcanzan escasamente a los 8 meses.

En cuanto al crecimiento que experimenta el perímetro de la caña, parece aventurado extraer conclusiones. Podría pensarse en un comportamiento similar al de las medidas de las extremidades, y más concretamente a la altura al corvejón (Al Cor), con valores altos de b y de tipo medio con respecto a la K , al menos para las hembras. El alto valor de K en los machos podría interpretarse como una sobrevaloración, debido a defectos de cálculo, o bien a una diferencia real en cuanto al grosor de la caña entre los dos sexos.

c) A modo de conclusión.

En resumen, y tratando de sintetizar lo enunciado hasta ahora, del análisis del crecimiento de las medidas externas, se deduce que las distintas regiones del animal no crecen de la misma manera, existiendo una clara diferenciación entre las dimensiones relativas al tronco y a las extremidades. Las primeras presentan un tamaño relativo pequeño cuando el animal nace y experimentan un fuerte crecimiento, sobre todo en las etapas iniciales del mismo. Con las extremidades sucedería justo lo contrario.

Dentro de una perspectiva global de todo el crecimiento, se admite tradicionalmente que el nacimiento ocurre en la fase exponencial de la curva logística (SIMPSON and ROE, 1939), Fig. 4.1.5. Los diferentes tipos de crecimiento encontrados según las regiones corporales podrían interpretarse como si el nacimiento sucediera en distintos momentos según fueran esas regiones, o dicho de otro modo, que al nacer, las distintas regiones corporales se encuentran en distintas fases del proceso global.

En la Fig. 4.1.5. se ha querido representar esta idea, situando el nacimiento en distintos períodos de la curva, según la región corporal. Así, las dimensiones del tronco y de las extremidades se encontrarían en fases

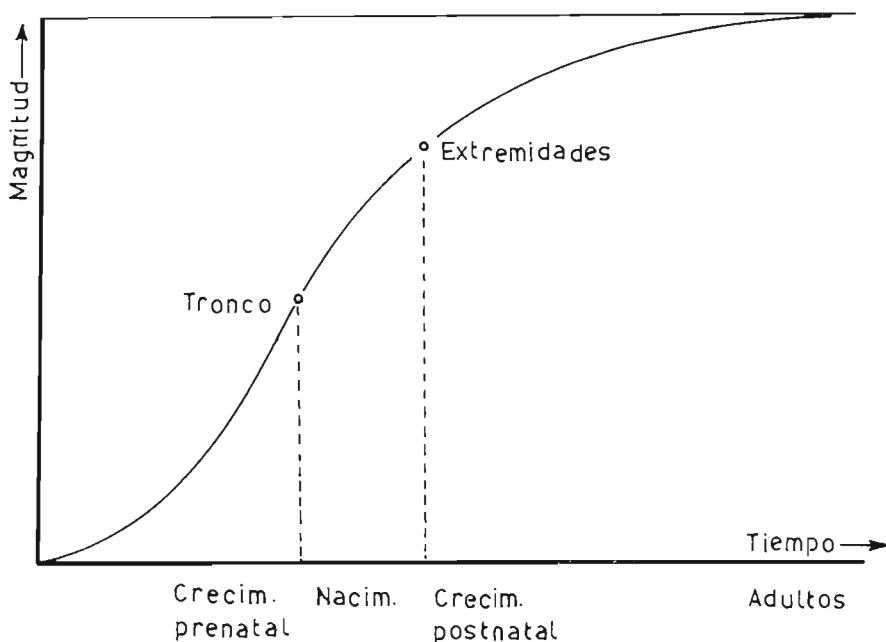


Fig. 4.1.5.

Dentro de una perspectiva global de todo el crecimiento, se admite tradicionalmente que el nacimiento ocurre en la fase exponencial de la curva logística (SIMPSON & ROE, 1939). Los diferentes tipos de crecimiento encontrados según las regiones corporales podrían interpretarse como si el nacimiento sucediera en distintos momentos según fueran esas regiones (tronco o extremidades), o dicho de otro modo, que al nacer, las diversas regiones se encuentran en distintas fases del proceso global.

distintas del desarrollo en el momento de nacer. Todo ello indica que para caracterizar el crecimiento de un determinado elemento no basta con conocer su velocidad, sino que éste dependerá también del "punto de partida" (valores de la constante b en nuestro caso).

La tendencia evolutiva en esta especie, y en los ungulados en general, parece, pues, haber actuado en el sentido de favorecer un crecimiento grande de los órganos de locomoción, durante el período prenatal, de tal forma que al nacer el animal goza de un notable desarrollo de los mismos (nidifugismo), mientras que se mantiene baja la tasa de crecimiento de las regiones del tronco. Poco después del nacimiento (1 mes aproximadamente), prevalecerían las funciones de aprovechamiento energético (digestión, respiración, masticación), y tal vez alguna específica de la locomoción (propulsión al salto), invirtiéndose la situación anterior. Los datos de EVERITT (1968), basados en el crecimiento alométrico de distintas regiones y órganos de corderos durante el período prenatal, apoyan estas conclusiones. También del trabajo de BALCELLS (1956) sobre crecimiento en murciélagos, se desprende que el crecimiento prenatal de determinados órganos o partes del cuerpo está en función del tipo de vida y hábitos de la especie. En definitiva, el animal nace con unas características anatómicas que le permiten afrontar correctamente los primeros momentos de su vida, en función de las peculiaridades de su especie. Dichas características se modifican a medida que el animal crece, por medio de una combinación adecuada de los crecimientos diferenciales (coeficientes de alometría) de los distintos elementos, como veremos más adelante.

En la cabeza, la situación es un poco más particular, pero todo hace suponer que las dimensiones relacionadas con la masa cerebral sufren un tipo de crecimiento relativamente parecido al de las extremidades (tal vez con una tasa algo superior), y que las relacionadas con la parte facial (masticación, olfato,...) experimentan un crecimiento más parecido a las dimensiones del tronco. Sin embargo, el conjunto hace que el ritmo de crecimiento sea negativo con respecto al tronco, como se verá con las alometrías.

d) Análisis alométrico.

El crecimiento alométrico se basa en el principio de que la tasa de crecimiento relativo entre dos variables se considera constante. Esto permite relacionar dichas variables mediante una ecuación potencial del tipo $y = bx^m$, que, a escala logarítmica, se transforma en una recta: $\log y = m \log x + \log b$. La pendiente m de esta recta es conocida frecuentemente como coeficiente de alometría.

Tomando como variable independiente el diámetro longitudinal en un caso, y el peso vivo en otro, se han calculado dichos coeficientes de alometría (junto con otros datos de la regresión), para las distintas medidas externas. En las Tablas 4.1.10 y 4.1.11, se expresan dichos resultados según el sexo y la variable independiente. Las regresiones se han efectuado considerando las medias de las variables para cada clase de edad. Las alometrías así obtenidas pueden ser causa de errores que enmascaran la relación alométrica, tal como demostraron ALCOBE y PREVOSTI (1950). A pesar de eso, se ha actuado de esta manera por motivos puramente prácticos y porque no se han encontrado diferencias significativas utilizando todos los datos o sólo las medias de edad.

El número de parejas de datos ha sido en todos los casos de quince ($n = 15$), excepto para la longitud de la caña anterior ($L_{Cñ_a}$) y la longitud del fémur (L_{Fm}) en las hembras, que es de 14. r indica el coeficiente de correlación; m es la pendiente de la recta o coeficiente de alometría; $\log b$, la intersección de la recta con el eje de ordenadas; $S^2_{y,x}$, la varianza residual, y S_m , el error de la pendiente. Del valor que toma la pendiente puede deducirse el ritmo de crecimiento experimentado por la variable en cuestión. Así, cuando el valor es superior a la unidad, se dice que existe alometría positiva; si es menor que uno, alometría negativa. Esto significa que la intensidad de crecimiento de dicha medida es mayor, o menor, que la de la medida de referencia (diámetro longitudinal o peso vivo, en nuestro caso). Para ver si las diferencias respecto a uno eran significativas, se ha realizado un *test* de t entre las pendientes, según la expresión: $t = m - 1 / S_m$ (SOKAL & ROHLF, 1979), cuyos resultados se muestran en las Tablas 4.1.10 y 4.1.11 (t_1). Las regresiones, tomando como variable independiente el peso corporal, se han efectuado respecto a la raíz cúbica del mismo, ya que se ha considerado el peso como proporcional al cubo de las dimensiones longitudinales ($V = k.L^3$; $P = k'.L^3$, y por tanto, $L = k'' \cdot P^{1/3}$). Este proce-

Tabla 4.1.10.

Parámetros de las ecuaciones alométricas entre las medidas externas y el diámetro longitudinal (DL). Hembras (n = 15).

Variable	r	m	log b	$S^2_{y.x} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	t_1	Niv. signif.
AC	0,9851	0,7991	0,3331	384	387	5,2	+++
PTor	0,9860	1,1492	-0,1921	745	539	2,8	+
Al Isq	0,9785	0,6701	0,4297	394	392	8,4	+++
Al Cor	0,9779	0,4812	0,4584	209	285	18,2	+++
P Cñ	0,9409	0,4113	0,1398	432	411	14,3	+++
DD-E	0,9881	0,9515	-0,3312	432	412	1,2	n.s.
DB	0,9891	1,2149	-0,9104	647	502	4,3	+++
DL cab	0,9849	0,8293	-0,1939	418	404	4,2	++
DTr	0,9879	0,6348	-0,1312	196	276	13,2	+++
L Cñ _p	0,9302	0,4420	0,4222	600	484	11,5	+++
LTb	0,9336	0,5218	0,3122	791	555	8,6	+++
L Fm(n=14)	0,9818	0,7739	-0,0715	378	432	5,2	+++
L Cñ _a (n=14)	0,8700	0,2974	0,5435	583	487	14,4	+++
LRa	0,9777	0,7248	-0,09333	477	431	6,4	+++
LHm	0,9873	0,7767	-0,2073	309	347	6,4	+++
Ps	0,9963	2,9004	-3,8025	1218	689	1,44 (t_3)	n.s.

Tabla 4.1.10. (continuación)

Parámetros de las ecuaciones alométricas entre las medidas externas y el diámetro longitudinal (DL). Machos (n = 15).

Variable	r	m	log b	$S^2_{y.x} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	t_1	Niv. signif.
AC	0,9941	0,8114	0,3126	182	245	7,7	+++
P Tor	0,9911	1,1460	-0,1970	554	428	3,4	++
Al Isq	0,9893	0,7134	0,3569	257	291	9,8	+++
Al Cor	0,9765	0,5521	0,3503	347	338	13,3	+++
P Cñ	0,9852	0,5107	-0,0113	184	246	19,9	+++
DD-E	0,9882	0,9820	-0,3714	538	421	0,4	n.s.
DB	0,9936	1,1538	-0,8184	400	363	4,2	+++
DL cab	0,9959	0,8196	-0,1653	129	206	8,8	+++
D Tr	0,9955	0,6338	-0,1177	84	166	22,1	+++
L Cñ _b	0,9586	0,4609	0,4031	437	380	14,2	+++
L Tb	0,9419	0,4826	0,3860	691	477	10,8	+++
L Fm	0,9834	0,6732	0,1082	360	345	9,5	+++
L Cñ _a (n=14)	0,9147	0,3754	-0,4203	667	479	13,0	+++
L Ra	0,9686	0,6683	0,0073	687	476	7,0	++++
L Hm	0,9795	0,7294	-0,1240	525	416	6,5	+++
P s	0,9985	2,9840	-3,9408	627	455	0,35	n.s.

Tabla 4.1.11.

Parámetros de las ecuaciones alométricas entre las medidas externas y la raíz cúbica del peso vivo. Hembras (n=15).

Variable	r	m	log b	$S^2_{y.x} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	t_1	Niv. signif.
A C	0,9874	0,8255	1,3811	325	367	4,76	+++
P Tor	0,9943	1,1944	1,3124	307	357	5,45	+++
Al Isq	0,9860	0,6960	1,3072	257	327	9,3	+++
Al Cor	0,9830	0,4986	1,0890	161	258	19,4	+++
P Cñ	0,9514	0,4287	0,6778	357	384	11,2	+++
DL	0,9963	1,0269	1,3140	144	243	1,1	n.s.
DD-E	0,9962	0,9888	0,9145	137	240	0,5	n.s.
DB	0,9939	1,2582	0,6818	360	387	6,7	+++
DL cab	0,9808	0,8511	0,8960	533	471	3,2	++
D Tr	0,9883	0,6546	0,7019	189	279	12,4	+++
L Cñ _p	0,9422	0,4611	1,0001	499	456	11,8	+++
L Tb	0,9495	0,5469	0,9934	606	501	9	+++
L Fm (n=14)	0,9808	0,7852	0,9501	399	451	4,76	+++
L Cñ _a (n=14)	0,8798	0,3126	0,9319	541	487	14,1	+++
L Ra	0,9800	0,7485	0,8573	429	423	5,9	+++
L Hm	0,9899	0,8025	0,8113	245	318	6,2	+++

Tabla 4.1.11. (continuación)

Parámetros de las ecuaciones alométricas entre las medidas externas y la raíz cúbica del peso vivo. Machos (n=15).

Variable	r	m	log b	$S^2_{y.x} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	t_1	Niv. signif.
AC	0,9908	0,8117	1,3859	286	308	6,1	+++
PTor	0,9936	1,1535	1,3160	400	363	4,2	++
Al Isq	0,9892	0,7161	1,2996	261	294	9,7	+++
Al Cor	0,9718	0,5517	1,0810	414	372	12,1	+++
P Cñ	0,9889	0,5145	0,6627	139	216	22,5	+++
DL	0,9985	1,0023	1,3220	70	153	0,2	n.s.
DD-E	0,9928	0,9903	0,9241	330	330	0,3	n.s.
DB	0,9931	1,1577	0,7064	434	381	4,1	++
DL cab	0,9941	0,8214	0,9183	186	249	7,2	+++
D Tr	0,9945	0,6357	0,7201	104	186	19,6	+++
L Cñ _a	0,9630	0,4647	1,0112	392	360	12,9	+++
LTb	0,9534	0,4905	1,0211	557	429	11,9	+++
L Fm	0,9878	0,6789	0,9964	264	297	10,8	+++
L Cñ _a (n=14)	0,9178	0,3813	0,9150	644	476	13,0	+++
LRa	0,9723	0,6735	0,8893	607	450	7,3	+++
L Hm	0,9912	0,7200	0,8164	213	267	10,5	+++

dimiento es usual en trabajos en que se quieren relacionar dimensiones longitudinales con volumétricas (KRUSKA, 1970).

Lo primero que cabe destacar al observar los resultados del *test* de *t* es que la significación de las alometrías no varía con el sexo, ni con el cambio de variable independiente (DL o Ps). Así, se puede comprobar que, en todos los casos, el diámetro bicostal (DB) y el perímetro torácico (P Tor) presentan alometría positiva, es decir, crecen más deprisa que el cuerpo en conjunto. El diámetro dorso-esternal (DD-E) y el diámetro longitudinal (DL) (en el caso del peso) crecen al mismo ritmo, y el resto de todas las medidas crece a un ritmo más lento.

Las conclusiones que pueden extraerse de este análisis no contradicen el estudio anterior, al aplicar el modelo de Bertalanffy al crecimiento de las medidas externas; al contrario, se complementan. En efecto, las magnitudes con alometría negativa (crecimiento diferencial negativo) corresponden a las de las extremidades y cabeza, o bien a las que tienen una componente de las mismas:alzada a la cruz (AC). En general, este tipo de medidas presentaba una velocidad de crecimiento más bien baja; y las que no la tenían (cabeza yalzada a la cruz) partían de posiciones iniciales próximas al tamaño definitivo.

Las dimensiones del tronco presentan crecimiento isométrico, con la excepción del diámetro bicostal (DB), que tiene alometría positiva (la alometría positiva del perímetro torácico (P Tor) parecería consecuencia de ésta última). Para explicar esta excepción, deben comprenderse bien las diferencias que existen entre la *velocidad del crecimiento* que proporciona el modelo de Bertalanffy (relación entre los incrementos de longitud/tiempo, en términos absolutos), y la *intensidad del crecimiento* que mide el análisis alométrico (proporción existente entre los incrementos relativos de dos dimensiones). Así, cabe destacar que las dos dimensiones que experimentan alometría positiva (DB y P Tor) poseían los valores más bajos de *b* en el análisis anterior (ver Tabla 4.1.9). Es decir, son medidas que en el momento del nacimiento se encuentran muy alejadas de su tamaño definitivo (Fig. 4.1.4). Ello explica que experimenten elevada intensidad de crecimiento (en relación con el peso o la longitud del tronco), aunque su velocidad (incrementos absolutos a lo largo del tiempo) pueda no ser extremadamente grande.

Por otro lado, en la Tabla 4.1.12, se muestran los resultados del *test* de *F* para valorar si existen *diferencias sexuales* entre los coeficientes de alometría. Se ha aplicado un *test* de *F* para la diferencia de las pendientes de las rectas de regresión según SOKAL and ROHLF (1979). La columna de la izquierda recoge la regresión respecto al diámetro longitudinal, y la de la derecha, respecto al peso. Como puede verse, la significación de los resultados es prácticamente la misma para las dos variables independientes: DL o raíz cúbica del peso. Así, la única variable que muestra diferencias sexuales es el perímetro de la caña posterior (P Cñ), siendo el crecimiento mayor en machos que en hembras⁵. El significado de esta diferencia parece estar basado en el distinto desarrollo de la piel y tendones en ambos sexos, ya que la anchura del metatarso no presenta diferencias sexuales en cuanto a su crecimiento (GARCIA-GONZALEZ, 1981 b). Aunque también podría suceder que los machos presentaran mayor crecimiento del grosor de la caña en dirección antero-posterior.

Con el fin de comparar la intensidad del crecimiento de las distintas dimensiones entre sí, se han ordenado éstas de mayor a menor, según el valor de su pendiente de regresión. Como resultado se obtiene la ordenación que figura en la Tabla 4.1.13. La observación de estas secuencias permite extraer varias conclusiones:

En primer lugar, la ordenación es la misma cuando se toman los coeficientes de la regresión respecto al peso (Ps) y respecto al diámetro longitudinal (DL). Muy probablemente esto ocurre porque ambas variables independientes crecen al mismo ritmo (son isométricas). Es decir, la pendiente de la regresión del DL respecto a la raíz cúbica del peso no difiere significativamente de 1, o al contrario, la pendiente del peso respecto a DL no se desvía significativamente de 3 (ver Tabla 4.1.12).

Por otra parte, en la ordenación expuesta se observa una gradación de las distintas medidas en cuanto a su intensidad de crecimiento para ambos sexos, aunque mejor definida en las hembras. Esta gradación permite concluir que las partes del cuerpo con menor intensidad de crecimiento son los segmentos distales de las extremidades. Les siguen los segmentos proximales; y, por último, son las medidas del tronco las que experimentan un

⁵ La significación de la diferencia de pendientes se ha comprobado también con las regresiones efectuadas a partir de todos los datos.

Tabla 4.1.12.

Resultados del test de F para comprobar las diferencias entre los coeficientes de alometría (m) de hembras y machos (grados de libertad, 26).

	Regresión respecto a D L				Regresión respecto a $\sqrt[3]{\text{Peso}}$			
	hembras	machos	F	Nivel signif.	hembras	machos	F	Nivel signif.
AC	0,7991	0,8114	0,07	n.s.	0,8255	0,8117	0,4	n.s.
P Tor	1,1492	1,1460	0,002	n.s.	1,1944	1,1535	0,6	n.s.
Al Isq	0,6701	0,7134	0,8	n.s.	0,6960	0,7161	0,2	n.s.
Al Cor	0,4812	0,5521	2,5	n.s.	0,4989	0,5517	1,3	n.s.
P Cñ	0,4113	0,5107	4,45	+	0,4287	0,5145	4,0	casi +
D L					1,0269	1,0023	0,8	n.s.
D D-E	0,9515	0,9820	0,3	n.s.	0,9888	0,9903	0,001	n.s.
DB	1,2149	1,1538	1	n.s.	1,2582	1,1577	3,4	n.s.
Dl cab	0,8293	0,8196	0,05	n.s.	0,8511	0,8214	0,3	n.s.
D Tr	0,6348	0,6348	0,001	n.s.	0,6546	0,6357	0,3	n.s.
L Cñ _p	0,4420	0,4609	0,1	n.s.	0,4611	0,4647	0,004	n.s.
L Tb	0,5218	0,4826	0,3	n.s.	0,5469	0,4905	0,7	n.s.
L Fm	0,7739	0,6732	3,3	n.s.	0,7852	0,6789	4,08	casi +
L Cñ _a	0,2974	0,3754	1,3	n.s.	0,3126	0,3813	1	n.s.
L Ra	0,7248	0,6683	0,8	n.s.	0,7485	0,6735	1,45	n.s.
L Hm	0,7767	0,7294	0,7	n.s.	0,8025	0,8164	0,1	n.s.
Ps	2,9004	2,9840	1,1	n.s.				

Tabla 4.1.13.

Ordenación de las dimensiones longitudinales externas según el valor de su coeficiente de alometría, de mayor a menor.
Se han separado por sexos y según la variable de referencia (DL o P_s).

	Hembras		Machos		
	P _s	DL	P _s	DL	
Tronco	[DB	DB	DB	Tronco
		P Tor	P Tor	P Tor	
		DL	DL		
		D D-E	D D-E	D D-E	
		DL cab	DL cab	DL cab	
Extr. Medias	[AC	AC	AC	Extr. Medias
		L Hm	L Hm	L Hm	
		L Fm	Al Isq	Al Isq	
		L Ra	L Fm	L Fm	
		Al Isq	L Ra	L Ra	
Extr. distales	[D Tr	D Tr	D Tr	Extr. distales
		L Tb	Al Cor	Al Cor	
		Al Cor	P Cñ	P Cñ	
		L Cñ _p	L Tb	L Tb	
		P Cñ	L Cñ _p	L Cñ _p	
		L Cñ _a	L Cñ _a	L Cñ _a	

crecimiento más intenso. Todo ello está en consonancia, en principio, con los gradientes de crecimiento observados por Hammond para las distintas partes del organismo (HAMMOND, 1966), sobre los que se insistirá en el próximo capítulo.

Para finalizar, puede ser conveniente contrastar los resultados obtenidos con los existentes en la bibliografía. Desafortunadamente, los trabajos sobre evolución de medidas externas en corderos a lo largo del crecimiento parecen ser escasos. Tan sólo se han encontrado el de WIENER (1967) y el de APARICIO RUIZ (1974).

En el trabajo de WIENER (1967) se estudia la variación del peso y de ocho dimensiones externas, desde los seis meses hasta la madurez (4,5 años), en hembras de cinco razas ovinas inglesas: Lincoln, Blackface, Cheviot, Southdown y Welsh. Seis de dichas dimensiones coinciden con las estudiadas aquí: diámetro bicostal (DB), diámetro dorso-esternal (D D-E), diámetro longitudinal (DL), diámetro transversal de la cabeza (D Tr), longitud de la tibia (LTb) y longitud de la caña anterior (L Cñ_a). El autor no encuentra diferencias raciales en cuanto al orden en el cual el peso y las ocho dimensiones corporales alcanzan el tamaño definitivo. Dicho orden es el mismo en el que se han citado las dimensiones más arriba, y lo establece reduciendo todas las medidas como porcentaje del valor adulto, utilizando un método similar al de la Figura 4.1.4. No se hacen referencias a velocidades de crecimiento.

Desde el punto de vista comparativo, en mi caso se dispone de un criterio adecuado para establecer la precocidad o el orden de madurez de determinadas dimensiones, constituido por los coeficientes de alometría (variables con coeficiente alométrico bajo resultan más precoces). Este criterio es más útil que utilizar las velocidades de crecimiento consideradas hasta ahora (modelo de Bertalanffy), ya que, como se ha visto (Fig. 4.1.3.), la evolución de una dimensión viene determinada por dos parámetros (la velocidad y el "punto de partida").

Después de lo dicho, puede comprobarse que el orden de madurez de las medidas externas hallado por WIENER (1967), desde los 6 meses a 4,5 años, coincide esencialmente con el encontrado en este trabajo, desde el nacimiento hasta el año, en la Tabla 4.1.13. Existe una ligera variación con el diámetro longitudinal (DL) y el dorso-esternal (D D-E) que no debe ser

tenida en cuenta, ya que ambas medidas son isométricas y con pendientes similares (Tabla 4.1.12), al menos hasta el primer año de vida.

En el trabajo de APARICIO (1974) se utilizan quince corderos de cada sexo de raza Merino campañés, y se estudia la evolución de once medidas corporales desde el nacimiento hasta los 3 meses. Nueve de estas dimensiones son iguales a las utilizadas en el presente trabajo. El autor calcula la intensidad de crecimiento a partir del incremento absoluto en centímetros que experimenta cada dimensión en los 90 días. Evidentemente, este criterio no sirve para comparar la intensidad de crecimiento entre varias medidas, ya que ésta debe hacerse en términos relativos, tomando un punto de referencia (por ejemplo, la variable independiente en el caso de las alometrías, donde se comparan las velocidades de crecimiento de una variable respecto a otra).

Este hecho, además del corto período de tiempo estudiado, hace que sus resultados discrepen de los encontrados en este trabajo, y de los de WIENER (1967), comentados antes. Así, APARICIO afirma que la intensidad de crecimiento en el tronco se produce en el siguiente orden: longitud (DL), profundidad (D D-E) y anchura (DB), contrariamente al señalado en la Tabla 4.1.13.

Por otra parte, indica que la intensidad de crecimiento es mayor en el tercio anterior que en el posterior. Sin embargo, el mismo autor señala que estos resultados son contrarios a los de Mc MEEKAN (1940) y PALSSON & VERGES (1952). En nuestro caso, puede decirse que varía según el segmento que se considere (distal, proximal, ...), aunque en general la velocidad en las extremidades anteriores es menor (apartado 4.1.b)⁶.

e) Índices

En términos biológicos, los índices se definen como la relación existente entre dos dimensiones lineales, tales como las medidas externas estudiadas, y son de uso frecuente en zoometría o somatometría. Dado su ca-

⁶ El estudio del esqueleto apendicular (GARCIA-GONZALEZ, 1981 b) reveló mayor crecimiento óseo en longitud y menor en anchura, en los miembros posteriores. Por otra parte, en GARCIA-GONZALEZ, 1981 d, se realizan ciertas consideraciones comparativas entre los miembros posteriores y anteriores.

Tabla 4.1.14.

Evolución de distintos índices corporales con la edad y según el sexo (H, hembras; M, machos).

Edad	D D-E		DB		DB		DL		DL		D D-E		D Trcab		P Cñ		D D-E		AI Cor	
	DL		DL		D D-E		P Tor		DLcab		P Tor		AC		AI Isq					
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Od	41,7	41,0	25,0	25,7	60,1	62,5	89,0	91,6	57,1	56,4	17,4	17,1	36,9	37,5	56,4	55,0				
2-3	40,8	44,5	26,0	24,1	63,6	54,1	85,7	89,3	61,8	57,8	17,3	16,8	36,5	40,4	54,1	55,5				
10	38,4	37,3	26,4	26,7	68,8	71,7	96,6	93,3	57,5	58,7	15	14,7	37,2	37,2	57,2	57,4				
20	37,9	38,9	28,0	29,3	74,1	75,1	93,2	92,6	56,6	57,2	14,3	14,3	38,2	38,7	51,7	55,2				
30	37,4	37,7	26,8	27,7	71,7	73,6	95,6	94,8	56,9	56,6	13,15	14	37,1	37,7	52,7	54,1				
2 m	36,6	37,5	28,4	27,7	77,6	73,9	94,4	94,6	54,1	53,8	12,2	12,4	37,9	39,0	48,3	50,4				
3 m	36,9	37,9	27,0	28,3	73,1	74,6	89,6	91,9	53,8	53,3	11,5	11,9	40,0	40,7	50,0	49,6				
4 m	37,4	39,4	30,2	30,9	80,7	78,4	84,7	86,8	51,5	50,9	10,7	11,4	40,9	41,6	50,4	48,9				
5 m	37,8	37,7	32,5	28,3	86,0	75,0	80,5	87,6	49,3	48,6	10,5	11	40,9	39,4	49,8	52,7				
6 m	34,8	37,3	27,5	28,7	78,9	76,8	88,1	89,3	48,9	46,9	10,5	10,7	39,6	41,2	50,6	52,0				
7 m	40,6	41,3	30,6	29,3	75,4	71,0	82,0	81,8	57,6	52,7	10	10,2	45,9	48,6	49,2	49,3				
8 m	39,2	40,6	31,8	28,6	81,3	70,5	83,2	84,6	52,1	49,4	9,5	9,8	41,9	44,6	49,2	50,1				
9 m	39,6	41,0	32,0	30,8	80,7	75,0	81,8	81,3	50,4	50,7	9,2	9,4	40,2	44,1	47,8	49,8				
10 m	38,7	40,1	28,0	27,8	72,5	69,3	79,2	78,5	48,9	51,2	8,7	8,9	41,3	43,8	53,8	48,5				
11,5 m	40,5	41,5	33,5	31,3	82,6	75,6	74,3	74,9	49,3	48,9	8,7	8,7	39,8	44,6	44,4	44,7				
\bar{x}	38,5	39,6	28,9	28,3	75,1	71,8	87,2	87,5	53,7	52,9	11,9	12,1	39,6	41,3	51,0	51,5				
Adultos	41,9	43,8	28,0	26,8	66,9	61,2	85,7	89,8	50,8	51,6	9,6	10,1	48,4	51,5	48,4	46,8				

rácter de proporción, y por tanto, su posibilidad de relacionar magnitudes, se ha creído interesante calcular alguno de estos índices y determinar su posible evolución con la edad y el sexo. Todo ello puede ayudar a completar e interpretar algunos aspectos del estudio de las medidas externas, que finalizo con este apartado.

En la Tabla 4.1.14, se expresan los índices calculados a partir de las medias de las Tablas 4.1.2. y 4.1.3, según el sexo y las distintas edades, los cuales pasaré a comentar brevemente. Los tres primeros afectan a las tres dimensiones fundamentales del tronco: longitud (DL), anchura (DB) y profundidad (D D-E).

En el primero de ellos, relación D D-E/DL, parece advertirse una disminución de los valores hacia la mitad del período del año, para volver a aumentar hacia el final. Ello puede interpretarse como un progresivo alargamiento del animal durante los primeros meses, aunque leve (recordar que el D D-E y DL crecen prácticamente al mismo ritmo), para adoptar hacia el final proporciones parecidas a las del nacimiento. La proporción en los adultos es algo mayor, lo cual debe interpretarse en el sentido de que la magnitud D D-E no ha llegado a su tamaño definitivo al año. Es decir, después del año, el animal sigue creciendo en altura del tronco (comparar los valores de los jóvenes con el tamaño del adulto, Tablas 4.1.2, 4.1.3. y 4.1.8). Los valores de la relación en los machos indican una mayor profundidad de éstos con respecto a las hembras, aunque las diferencias no son significativas.

El segundo índice (DB/DL) parece experimentar un aumento muy ligero con la edad, lo cual podría indicar una tendencia a un incremento en anchura durante el crecimiento. De hecho, el diámetro bicostal (DB) es la magnitud con mayor crecimiento alométrico, aunque hay que recordar también que esta medida está algo afectada por el crecimiento de la lana. Las relaciones en los adultos son similares a las de las medias de los jóvenes. Por otra parte, parece que las hembras son ligeramente más anchas que los machos.

El tercer índice (DB/D D-E) sufre un claro aumento con la edad, lo cual indica esta tendencia al ensanchamiento a medida que el animal crece. Los valores en los adultos son bastante más bajos, lo cual podría explicarse admitiendo que después del año, el crecimiento en anchura se detendría y

proseguiría el de profundidad. No debe descartarse tampoco una posible modificación de los valores de los índices a causa de una sobrevaloración del diámetro en anchura (DB) debido al crecimiento de la lana; sobre todo durante los últimos meses. Se aprecia también una clara diferencia sexual (mayor profundidad en los machos), aunque no sea significativa.

El cuarto índice (DL/P Tor), también llamado índice corporal, nos da una idea de las proporciones entre los diámetros de anchura en conjunto y los de longitud. Así, parece que hay una tendencia hacia el alargamiento durante los 2 ó 3 primeros meses. A partir de entonces, privaría un aumento del grosor, lo cual haría disminuir el índice. Cabe recordar también la influencia del crecimiento de la lana sobre el perímetro torácico (P Tor), lo cual explicaría también las diferencias entre los bajos valores de los últimos meses y los del adulto. En términos zootécnicos, y atendiendo a los índices corporales de los adultos, cabría calificar a las hembras como animales mediolíneos, con tendencia a brevilíneos, y a los machos como longilíneos (APARICIO SANCHEZ, 1957)⁷.

El quinto índice (D Tr/DL cab) se refiere a las dimensiones de la cabeza. Como puede observarse, se produce una tendencia al alargamiento de la misma a medida que el animal crece. A este respecto, cabe comentar la notable braquicefalia de los recién nacidos, nombrada con anterioridad. Por otra parte, parece que a partir de los 3 meses se alcanzan las proporciones del adulto. Las diferencias sexuales no parecen ser muy marcadas⁸ (ver fotografías Plancha 3).

El sexto índice (relación entre el perímetro de la caña y el perímetro torácico, P Cñ/P Tor o índice dáctilo-torácico), es uno de los llamados índices funcionales que los zootécnicos utilizan para determinar la aptitud láctea de una determinada raza. Cuanto menor es el índice, mejor es la aptitud. Ello se basa en la hipótesis de que los animales de especialidad láctea deben tener una amplia capacidad torácica. Según los zootécnicos, una relación óptima es la de uno a diez para el ganado vacuno. En el caso que nos ocupa, se observa una rápida disminución de dicho índice con la edad, debido posiblemente a las distintas intensidades de crecimiento de las dos magni-

⁷ Esto podría estar unido al carácter más nervioso y agresivo en los machos, y más pacífico y pasivo en las hembras.

⁸ Para el caso concreto de los índices; no así en cuanto a forma y aspecto general: abultamiento de los nasales, presencia de cuernos, ... (ver fotografías Plancha 3, 4 y 5).



Plancha III.

Comparación entre sexos. Izquierda: corderos machos de 1, 3, 8 y 12 meses. Derecha: corderos hembras de 1, 4, 8 y 11 meses.

tudes (es preciso recordar que el P tor posee un alto coeficiente de alometría, al contrario que el P Cñ). El hecho de que los valores de los últimos meses sean inferiores a los de los adultos debe atribuirse una vez más a la sobrevaloración del P Tor, causada por el crecimiento de la lana.

El séptimo índice (relación entre el diámetro dorso-esternal y la alzada a la cruz, $D D-E/AC$, llamado también índice de profundidad relativa del tórax) experimenta un aumento con la edad, lo cual indica el progresivo acortamiento relativo de las extremidades durante el crecimiento, hecho que ha sido destacado ya con anterioridad. Los valores altos en los adultos indican la continuación del crecimiento en profundidad después del año. Se aprecia también una diferencia sexual, en el sentido de una mayor altura del tronco por parte de los machos, ya comentada. De este índice se sirven los zootécnicos para la apreciación de la aptitud cárnica. Según esto, los animales con esta especialidad deben superar siempre el 50%.

Por último, el octavo índice (relación entre la altura al corvejón y la altura al isquion, llamado también índice podal posterior) se asemeja al anterior. Su disminución con la edad indica también el progresivo "acortamiento" relativo de las extremidades posteriores, aunque las proporciones del adulto parecen alcanzarse tempranamente, y antes en las hembras que en los machos. Este índice se utiliza también para valorar la aptitud cárnica, sobre todo en lo que atañe a las masas musculares de los cuartos traseros. Según esto, los animales de especialidad en carnicería no deben sobrepasar un índice superior al 33%.

4.2. Piel y superficie

En el capítulo 3, se ha considerado el crecimiento global de los corderos en cuanto al aspecto *volumétrico*, es decir, ponderal. En el apartado anterior (4.1), se ha estudiado la evolución de las dimensiones *longitudinales* que atañen a la morfología. Para completar el esquema dimensional, en el presente apartado se atenderá a la piel de los corderos, pero principalmente desde el punto de vista de las relaciones del tegumento con la *superficie* y su evolución durante el crecimiento⁹.

⁹ El estudio del crecimiento en *peso* de la piel se realiza en el siguiente capítulo (apartado 5.3.c.).

Los ensayos para obtener medidas precisas de la superficie han sido numerosos, sobre todo después de que RUBNER enunciase su "ley metabólica superficial". Sin embargo, a pesar de las mejoras introducidas en las técnicas, los márgenes de error no se han reducido notablemente, muchas veces como consecuencia de una imprecisión en la definición de superficie (KLEIBER, 1972, p. 172).

La técnica utilizada aquí para calcular la superficie puede considerarse bastante rudimentaria. De todas formas, el cálculo se realizó con fines comparativos entre distintos estadios del crecimiento, de forma aproximada. Para ello, se procedió a la obtención de una cifra que valorase la intensidad media de ese crecimiento (superficie) en relación con otra variable (el peso). Esto se llevó a cabo por medio de ajuste alométrico. La buena concordancia de este valor con los resultados sobre evolución de la velocidad metabólica¹⁰ con el tamaño, parece indicar que la técnica del cálculo de la superficie puede resultar satisfactoria para los fines mencionados (ver apartado 5.4.b.).

El material proviene sólo de una parte de los animales considerados hasta ahora; aquéllos que fueron sacrificados para realizar el estudio del crecimiento visceral y osteométrico (cap. 5 y GARCIA-GONZALEZ, 1981 a, b, c y d). El procedimiento del sacrificio y la obtención de las pieles se describe en el apartado de material y métodos del próximo capítulo (5.2.), al cual remito. En ese apartado se describe también la nomenclatura utilizada en la numeración de los corderos, que aparece en las Tablas 4.2.1. y 4.2.2. Esta consiste esencialmente en que la primera cifra indica el sexo (un 1 para los machos y un 2 para las hembras), y la segunda, la edad en meses.

El método utilizado ha sido el siguiente: una vez desangrados los corderos, fueron despellejados, y su piel se puso a secar longitudinalmente sobre cuerdas en un lugar ventilado, según los procedimientos habituales utilizados en los secaderos de pieles. Una vez transcurrido cierto tiempo (Tabla 4.2.1.), se tomaron las medidas que se indican en la Figura 4.2.1. Se partió del supuesto de considerar la superficie del animal como formada por dos rectángulos, tal como se indica en la figura. Uno formado por la cabeza; y otro, por el resto del cuerpo, sin incluir las patas. Se supuso que la eliminación de patas y colas compensaría la sobrevaloración de la cabeza

¹⁰ Definida en el sentido de KLEIBER: 'producción de calor por unidad de tiempo'.

Tabla 4.2.1.

Valores de las medidas tomadas sobre las pieles secas de los corderos sacrificados (cm) y su evolución con la edad.

N.º	LT	AM	LC	AC	PT	Superf. (cm ²)	Tiempo de secado (días)
200b	44	20	16	4	18	624	141
200a	55	24	16	6	19	1032	144
103	64	25	16	5	15	1280	136
2 1/3b	65	22	18	5	17	1124	126
2 1/3a	74	28.5	20	7	22	1679	131
1 1/3	73	27	20	6	15.5	1551	122
2 2/3	76	40	24	7	36	2248	116
1 2/3	81	33	23	7.5	24.5	2086.5	120
21	67	46	16	15	39	2586	109
11	74	46	20	17	41	2824	105
22	82	48	18	17	36	3378	79
12	90	60	18	18	48	4644	82
23	90	61.5	26	15	54	4326	48
13	103	70.5	31.5	17.5	52	5592	44
24	90.5	66	26.5	17.5	56	4689	22
14	115	77.5	44.5	13.5	65.5	6064.5	20
25	109	70	42	16	62	5362	42
15	109	71	37	20	63	5852	35
26	114	74	32	17	75	6612	8
16	128	62	43	17	57	6001	9
28	125	84	36	21	68	8232	113
18	136	100	38	24	81	10712	104
210	122	83	35.5	21	69	7925	42
110	101	104	--	--	92	10504	40
212	112	80	33	19	70	6947	30
112	116	94	38	21	71	8130	37
01	130	87.7	43	24	80	8659	358
02	122	83	32	24	71	8238	335
03	110	75	36	22	55	6342	41
M 1	107	86	26	33	73	7824	92
M 2	123	100	10	46	73	11760	85
M f	88	44.3	29	15	47	3049	285

y tronco, al ser homologadas con rectángulos. Así pues, las medidas que se tomaron fueron: LT (*Longitud total*), desde la punta de la cabeza hasta la inserción de la cola con el tronco; AM (*Anchura Media*), tomada en el punto medio del tronco aproximadamente; PT (*Perímetro Torácico*), medida que no interviene en el cálculo de la superficie y que se tomó a efectos comparativos de la misma medida en vivo (ver apartado anterior); LC (*Longitud de la Cabeza*), desde el extremo anterior hasta la inserción del cuello con el tronco; AC (*Anchura Cabeza*), que representa la anchura máxima de la cabeza.

La superficie se calculó a partir de la fórmula:

$$S = (LT - LC). AM + LC. AC$$

que representa la suma de las áreas de los dos rectángulos mostrados en la Figura 4.2.1.

En la Tabla 4.2.1. se indican los valores de estas medidas, para cada uno de los animales, así como el tiempo transcurrido desde el sacrificio hasta la medición.

En varias ocasiones se calculó la superficie "en fresco", sobre la piel del animal recién muerto. Con el secado, la superficie se reduce hasta un 83,4 % de promedio respecto a la tomada en fresco. Sin embargo, esta reducción no parece que esté influida por el tamaño del animal ni por el tiempo de secado (después de pasados 20 días), tal como se observa en los casos siguientes:

N.º animal	Superficie fresco	Superficie seco	%	Tiempo de secado (días)
25	6888	5362	77,8	42
15	6872	5852	85,2	35
26	7482	6612	88,4	8
112	10173	8130	79,9	37
03	7395	6342	85,4	41
$\bar{X} = 83,4\%$				

De esta manera, la reducción de la superficie por el secado no afecta al valor del coeficiente de alometría, tal como se demuestra en el apartado 5.4. Los únicos animales que podrían verse afectados por un corto tiempo de secado son el número 26 y el 16. Sin embargo, su posición respecto a la recta alométrica general (Fig. 4.2.2.) indica que, de existir alguna influencia, ésta es muy poco importante.

En la Tabla 4.2.2, se han representado también las pérdidas de peso por efecto del secado. Personalmente he comprobado que después de los 20 días, las pieles pueden considerarse secas, y que cualquier pérdida de peso posterior es despreciable.

Las pérdidas por evaporación, expresadas como porcentaje en la penúltima columna, permiten extraer dos observaciones atendiendo a su variación con la edad.

1. Las pérdidas por evaporación disminuyen al aumentar la edad, y por tanto, el tamaño del animal. Sin duda, una de las causas es la progresiva reducción de la relación superficie-volumen a medida que el animal crece. Los corderos pequeños con una superficie relativa grande experimentan pérdidas por evaporación mayores.
2. Añadido al efecto anterior, existe otro, y es el rápido aumento de la lana, a partir de los 3 meses aproximadamente. Es decir, los corderos pequeños tienen gran proporción de agua en su piel. Al aumentar el tamaño, aumentan los componentes no acuosos (lana) del peso de la piel, con lo cual la evaporación relativa se reduce. Esto se demuestra observando los valores de los dos machos adultos (M1 y M2), que habían sido esquilados 7 meses antes aproximadamente, y cuya pérdida de agua relativa equivale a la de los corderos de 20 a 30 días.

El rápido crecimiento de la lana provoca también un cambio ascendente en la alometría del peso de la piel, y presenta diferencias sexuales, como se verá en el próximo capítulo.

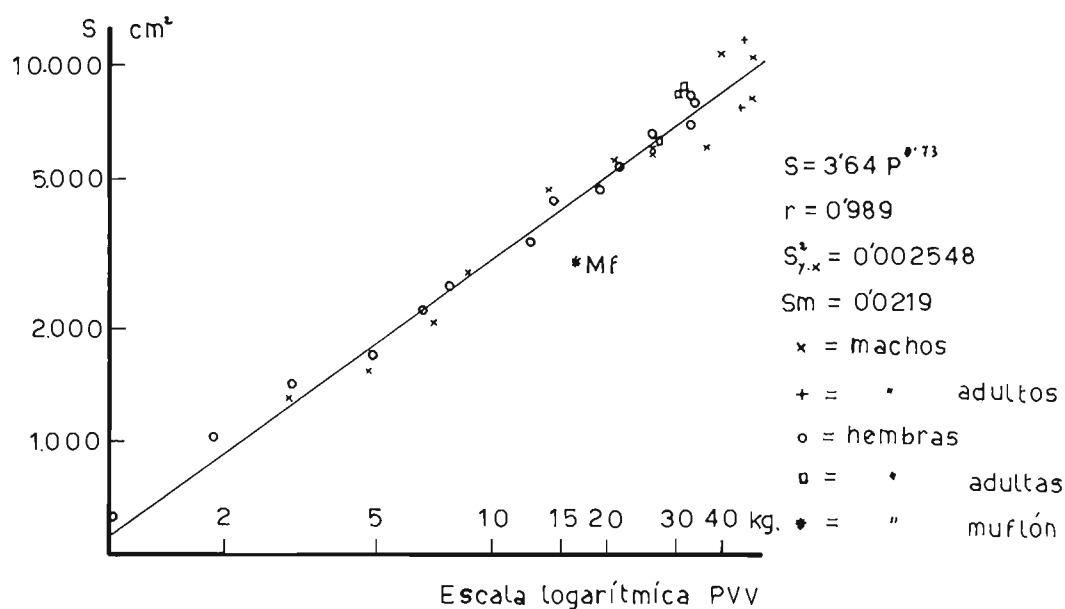


Fig. 4.2.2.

Representación de los valores de la superficie (S) en función del Peso Vivo Vacío (PVV). A la derecha, ecuación de la regresión con varios parámetros.

Tabla 4.2.2.

Pérdidas del peso de la piel por evaporación y su evolución con la edad.

N.º	Peso fresco	Peso seco	Pérdida evap. %	Tiempo de secado (días)
200b	175	38	78.3	258
200a	352	80	77.3	261
103	369	150	59.3	253
2 1/3b	430	166	61.4	243
2 1/3a	661	275	58.4	248
1 1/3	669	230	65.6	239
2 2/3	897	387	56.9	233
1 2/3	977	424	56.6	237
21	930	409	56	226
11	1082	501	53.7	222
22	1523	713	53.2	196
12	1751	777	55.6	199
23	1857	970	47.8	165
13	2139	1111	48.1	161
24	2293	1260	45.1	139
14	3363	1725	48.7	137
25	2480	1420	42.7	109
15	3413	1836	46.2	102
26	3280	1690	48.5	75
16	5054	--	--	--
28	4153	2550	38.6	230
18	5527	3564	35.5	221
210	4762	3048	36	159
110	7290	4524	37.9	157
212	4355	3025	30.5	97
112	7239	5140	29	104
M 1	5407	2357	56.4	209
M 2	4738	2005	57.7	202

4.3. Crecimiento de la lana

Dada la importancia de la lana, desde el punto de vista biológico e industrial, su estudio no podía eludirse en un capítulo dedicado al exterior del ovino. En este apartado se considerará el crecimiento de la lana desde varios aspectos, principalmente en lo que se refiere a la producción de grasa, finura y medulación. Otros aspectos y propiedades de la fibra de lana, tales como longitud, ondulación, resistencia, ..., no han podido abordarse, debido a lo laborioso y costoso de estos análisis. Sin embargo, los caracteres mencionados pueden considerarse los más importantes, junto con la longitud, desde un punto de vista biológico.

Como es sabido, la producción pilosa de los ovinos consiste esencialmente en la formación de fibras de lana en los folículos de su piel. La lana puede considerarse como una modificación del pelo, a partir de una disminución de grosor y de un cambio en sus propiedades físico-químicas. El proceso de domesticación seleccionó también la calidad del pelo ovino; partiendo de una capa de pelos normales y una capa muy corta de lanilla fina, y reduciendo paulatinamente la proporción de pelo en aras de un número mayor de fibras de lana, por medio de selección artificial. Esto no se consiguió de forma completa, ya que en la actualidad, aun las razas más mejoradas poseen una cierta proporción de pelo o fibras meduladas en sus vellones. Su apreciación constituye el análisis de la medulación.

a) Metodología general

Los análisis fueron realizados personalmente en el *Laboratorio de Ensayos e Investigaciones Textiles del Acondicionamiento Tarrasense (LEITAT)*, a cuya dirección y personal quiero expresar mi particular agradecimiento. Dicho laboratorio forma parte de varias asociaciones internacionales que se agrupan con el fin de homologar los distintos análisis y pruebas que realizan. Trabaja con humedad relativa y temperatura controlada ($65\% \pm 2\%$ y $20^\circ \pm 2^\circ\text{C}$, respectivamente), y los análisis se hicieron ajustándose a las normas admitidas y homologadas por éste y otros organismos mundiales.

Para realizar el estudio del crecimiento, se utilizaron muestras de lana provenientes de la parte media de los costillares de varios corderos. Las

muestras fueron tomadas a determinados intervalos de tiempo en los mismos animales, y fueron los siguientes:

- cordero n.º 577: 2, 4 y 6 meses (macho)
- cordero n.º 595: 1, 2, 8, 10 y 12 meses (hembra)
- cordero n.º 852: 3, 4, 5 y 6 meses (hembra)
- cordero n.º 580: 6 meses (hembra)

Así pues, se analizaron un total de 13 muestras, en cuanto a contenido en grasa, finura y medulación. El crecimiento en longitud no pudo realizarse con la precisión de los análisis normalizados. Sin embargo, se sabe que este crecimiento es continuo durante todo el período de vida del animal, tal como señala HELMAN (1965, p. 112). En los corderos estudiados, puede decirse, *grosso modo*, que el incremento en longitud osciló entre 3-4 cm al mes de edad, y 10-11 cm al año, aproximadamente.

b) Contenido en grasa

Las glándulas de la piel de los ovinos (sudoríparas y sebáceas) originan una grasa característica llamada "suarda" o "grasa de lana", cuya función parece ser la de lubricar y proteger la lana de los agentes externos.

Antes de analizar cualquier muestra de lana, debe ser previamente desgrasada, lo que permitió obtener una apreciación de esta peculiar producción grasa en distintas fases del crecimiento.

El procedimiento utilizado fue el siguiente:

- La muestra de lana se introdujo en un tubo de ensayo con un disolvente orgánico (cloruro de metileno), agitando repetidas veces.
- El líquido con la grasa disuelta se vertió en una cápsula de porcelana, previamente tarada.
- Se dejó evaporar el disolvente, colocando la cápsula bajo una lámpara, y después en estufa a 110°C, durante 15 minutos.

- Se pesó de nuevo la cápsula; se calculó el peso del residuo sólido y se refirió como porcentaje al peso de la muestra.

El método no resulta excesivamente preciso, ya que al desgrasar, se arrastra también cierta cantidad de impurezas y residuos sólidos, por lo cual, más que datos relativos de grasa, se obtienen valores de rendimiento de lavado, y ello puede ser causa de una cierta variabilidad en los resultados.

Dichos resultados se expresan en la Tabla 4.3.1 y se representan en la Figura 4.3.1.

<p>Tabla 4.3.1. <i>Tanto por ciento de grasa (e impurezas) de las distintas muestras estudiadas. Abajo, coeficiente de correlación y nivel de significación entre la edad y el porcentaje, para cada cordero (m indica la edad en meses).</i></p>					
Muestra	% grasa	Muestra	% grasa	Muestra	% grasa
577-2m	15,46	595-1m	12,07	852-3m	18,78
577-4m	19,68	595-2m	18,92	852-4m	18,48
577-6m	31,91	595-8m	19,88	852-5m	22,57
		595-10m	23,71	852-6m	26,70
		595-12m	26,21		
n = 3		n = 5		n = 4	
r = 0,963 (+)		r = 0,922 (++)		r = 0,932 (+)	

Juntando todos los datos, se ha comprobado que existe una correlación significativamente positiva ($p < 0,05$) entre la edad y el contenido en grasa de la lana. Por otra parte, parece que el ajuste es mejor ($p < 0,001$) si se correlaciona dicho contenido con el peso del animal.

Los resultados de ambas correlaciones se indican a continuación:

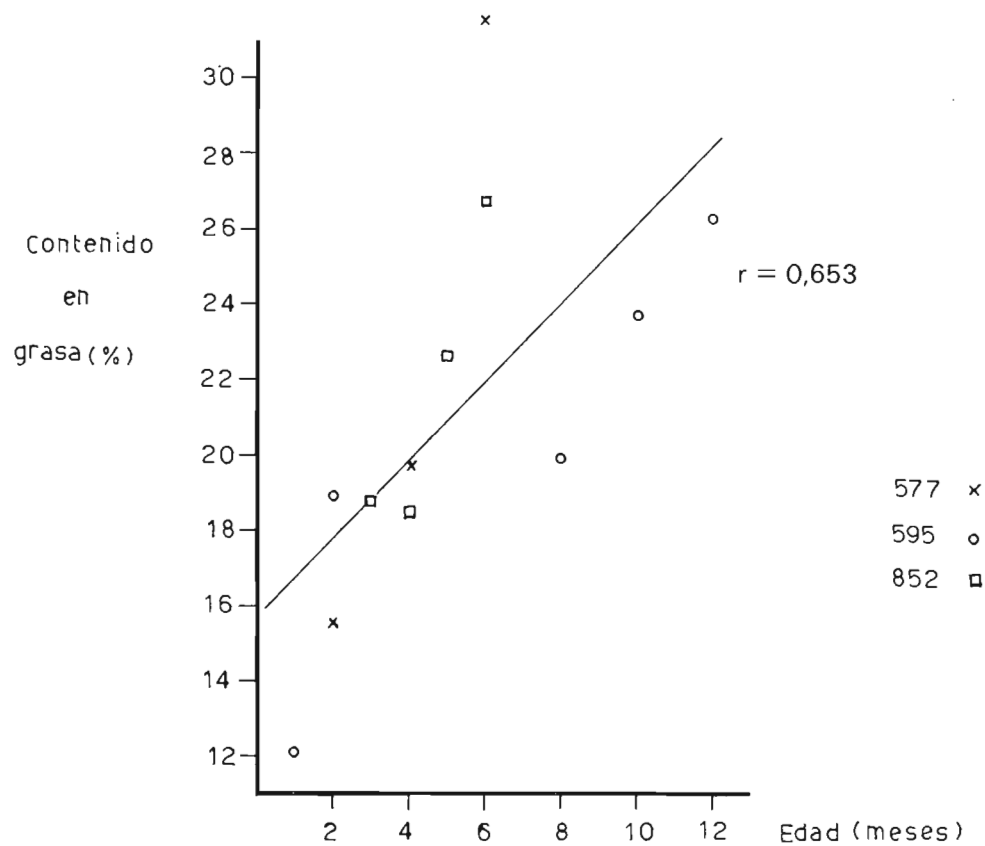


Fig. 4.3.1.

Relación entre el contenido en grasa de las muestras y la edad.

Grasa (Y) - Edad (X)

$n = 12$
 $r = 0,6527 (+)$
 $m = 1,0426$
 $b = 15,7241$
 $S^2 = 18,1992$
 $Sm = 0,3827$

Grasa (Y) - Peso (X)

$n = 12$
 $r = 0,8433 (+++)$
 $m = 0,4524$
 $b = 9,7824$
 $S^2 = 9,1594$
 $Sm = 0,0912$

(m es el coeficiente de regresión; b, el término independiente; S^2 , la varian-za residual; Sm, el error de la pendiente).

c) Finura

La finura o diámetro de la fibra supone posiblemente la propiedad física más valorada, desde el punto de vista de la calidad de la lana. Esta será tanto más apreciada cuanto menor sea su diámetro, y puede oscilar desde 12-20 micras (μ) en las lanas de tipo merino, hasta 50 μ en las de tipo basto. La raza Rasa Aragonesa está catalogada, desde el punto de vista de la producción de lana, como de Entrefina, y la variedad Anso-tana como Entrefina fina (según los análisis realizados por el *Instituto de Biología Animal*), con una finura media de 28 micras (PUYO, 1967). Otros autores atribuyen los siguientes diámetros para esta raza en general.

Autor**Finura (micras)**

APARICIO (1960)	27 (machos) - 30 (hembras)
SANCHEZ BELDA (1966)	30 (machos) - 27 (hembras)
SARAZA y col. (1975)	26 - 32 (sin precisar sexo)
SANCHEZ BELDA - S. TRUJILLANO (1979)	24 - 25 (sin precisar sexo)
MASON (1967)	27 - 30 (sin precisar sexo)

Cada raza de ovejas posee normalmente una finura de lana característica. Sin embargo, puede existir bastante variabilidad entre pobla-ciones, individuos, y aun dentro de un mismo individuo, según la zona del cuerpo y edad que se considere. En general, la lana de cordero, hasta la

edad de 3-4 meses, suele ser más fina y de características distintas a la del adulto. Como se verá seguidamente, en los corderos muestreados el crecimiento condicionó una serie de cambios en el grosor o diámetro de sus fibras.

El procedimiento de análisis seguido fue la Norma adoptada por el *Comité Técnico* de la *Federación Lanera Internacional*, según su publicación IWTO-8-66 (F): "Determination du diamètre des fibres de laine". Dicho método se basa en la utilización de un microscopio de proyección, donde se visualiza el perfil de pequeños fragmentos de fibra, que son medidos por medio de una regla graduada. Los cortes se realizan con un microtomo especial y se montan con aceite de cedro. El número de mediciones realizadas por muestra oscila alrededor de 300, cifra que puede considerarse aceptable (para límites del 95%, cabe esperar una desviación extrema de un $\pm 3\%$ de la media).

En primer lugar, se procedió a comprobar si el diámetro podía considerarse el mismo en los distintos niveles de un mismo mechón. Para ello se tomó una de las muestras procedentes de un cordero (n.º 580) a los 6 meses de edad, y se realizaron cortes a tres niveles distintos: uno en la base, otro en el centro y otro en la punta. Los resultados del análisis de finura fueron los siguientes:

Muestra 580 - 6 m

Base	Centro	Punta
n = 111	n = 138	n = 176
$\bar{X} = 28,46\mu$	$\bar{X} = 26,275\mu$	$\bar{X} = 24,73\mu$
S = 6,688	S = 5,646	S = 7,389
C.V. = 23,51%	C.V. = 21,30%	C.V. = 29,88%

n indica el número de datos; \bar{X} , la media del diámetro en micras; S, la desviación típica, y C.V., el coeficiente de variación.

Seguidamente, se realizó un *test* de comparación de medias, con los siguientes resultados:

Medias comparadas	valor de t	Nivel de significación
Base – Centro	2,743	++
Centro – Punta	2,104	+
Base – Punta	4,416	+++

Como puede verse, el grosor es significativamente distinto según el nivel donde se realice el corte. Por esta razón, todas las muestras restantes se introdujeron en el microtomo por la parte central.

Los resultados del análisis de finura en las muestras mencionadas anteriormente se expresan en la Tabla 4.3.2. y se representan en las Figuras 4.3.2. y 4.3.3.

Como puede observarse en la Tabla 4.3.2., el grosor de la fibra presenta una tendencia a ir aumentando con la edad. En la Tabla 4.3.3. se indican los resultados de la comparación de las medias entre sí, según un *test* de "t". Como puede verse, en la mayor parte de los casos las medias difieren significativamente, excepto en el número 595 a partir de los 8 meses, lo cual sugiere que a partir de una cierta edad, que oscilaría entre los 6-8 meses, el diámetro tendería a estabilizarse. Esta misma inclinación se aprecia en la Fig. 4.3.2.

Estos resultados concuerdan con THOMASSET (1938), quien asegura que "la fibra de lana es mucho más fina en el primer mes del crecimiento que en estadios posteriores". Sin embargo, al igual que el contenido en grasa, parece que la finura presenta una dependencia mayor respecto al peso del animal que respecto a la edad del mismo. En efecto, las regresiones del diámetro medio con respecto a estas dos variables muestran una varianza residual menor en el caso del peso que en el de la edad. Los resultados de dichas regresiones se expresan a continuación, y sus rectas se han representado en las Figuras 4.3.2. y 4.3.3.

Regresión Finura (Y) – Edad (X)	Regresión Finura (Y) – Peso (X)
n = 12	n = 12
r = 0,7574 (++)	r = 0,9381 (++++)
m = 0,7489	m = 0,3052
b = 26,1964	b = 22,3730
S ² = 5,1805	S ² = 1,4568
Sm = 0,2042	Sm = 0,0356

Tabla 4.3.2.

Diámetro medio de las muestras de lana pertenecientes a tres corderos en distintas edades.

N.º animal	Edad (meses)	N.º de datos (n)	Diámetro medio (micras)	Desviación típica (s)	Coef. de variación (C.V.) %	Peso vivo (kg)
577	2	353	29,81	9,62	32,27	17,7
577	4	351	31,16	13,38	42	31,2
577	6	312	34,5	15,34	44,47	43,1
595	1	285	23,69	9,70	40,95	7,6
595	2	312	26,11	8,47	32,4	14,15
595	8	318	33,26	7,54	22,66	30,9
595	10	321	32,37	8,15	25,17	33,9
595	12	310	32,88	11,02	33,52	35,9
852	3	358	26,52	8,61	32,5	17,5
852	4	406	28,20	9,43	33,4	21,3
852	5	379	30,97	12,13	39,2	24,1
852	6	432	32,07	12,02	37,5	27,6

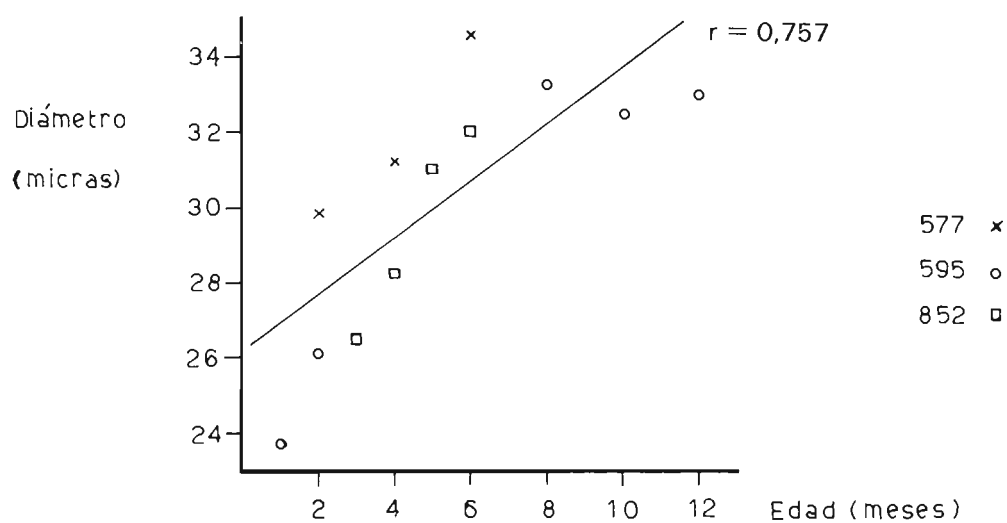


Fig. 4.3.2.

Relación entre la finura media y la edad.

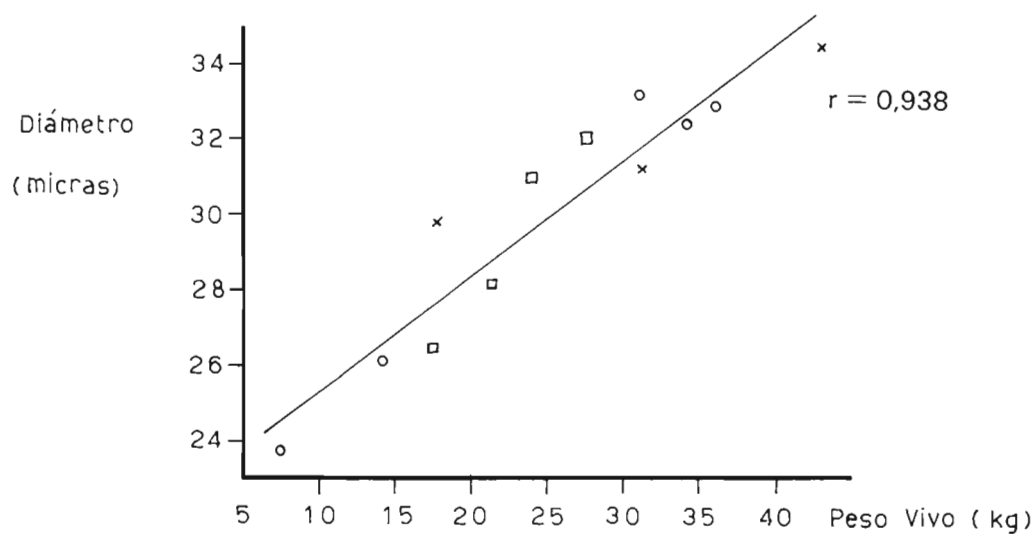


Fig. 4.3.3.

Relación entre la finura media y el peso vivo.

Tabla 4.3.3.

Significación de la diferencia entre las medias muestrales relativas al diámetro de la fibra.

Medias comparadas	Valor de t	Nivel de significación
<u>N.º 577</u>		
2m – 4 m	1,54	n.s.
4m – 6m	2,97	++
2m – 6m	4,54	+++
<u>N.º 595</u>		
1m – 2m	3,24	+++
2m – 8m	11,19	+++
2m – 10m	9,47	+++
2m – 12m	8,58	+++
8m – 10m	1,44	n.s.
8m – 12m	0,50	n.s.
10m – 12m	0,66	n.s.
<u>N.º 852</u>		
3m – 4m	2,58	++
3m – 5m	5,76	+++
3m – 6m	7,54	+++
4m – 5m	3,55	+++
4m – 6m	5,20	+++
5m – 6m	1,30	n.s.

En cuanto a las influencias sexuales relativas a la finura de la lana, HELMAN (1965) sostiene que la lana de las ovejas suele ser de diámetro menor que la de los carneros de idéntica raza, tipo y edad, por lo que se acostumbra a diferenciar con los términos de "lana madre" y "lana padre". En nuestro caso, el único cordero macho (n.º 577) presenta valores de diámetro mayores que los otros dos corderos, en todas las edades (ver Fig.

4.3.2.). El hecho puede deberse a esta influencia sexual, aunque no puede descartarse la variabilidad interindividual, debido al pequeño número de corderos analizados.

d) Medulación

Como se dijo al principio, los vellones presentan siempre una cierta cantidad de pelo, variable según la raza. En la terminología lanera se designan con el nombre de fibras meduladas y se caracterizan por presentar un canal central o médula que contrasta con la corteza por una tonalidad oscura. Dicho canal medular más oscuro no se debe a la presencia de pigmentos, sino que consiste en un espacio vacío (YEATES, 1967), o en vacuolas de aire. Normalmente, son de mayor grosor que la fibra de lana normal, aunque no necesariamente, y poseen menor número de células cuticulares por unidad de superficie. Su presencia se considera perjudicial desde el punto de vista de la calidad del vellón.

Existe una variabilidad considerable entre las fibras meduladas. En opinión de BLANXART (1954), existe gradación desde la fibra de lana al pelo. Por esta razón, su clasificación puede resultar a veces dificultosa. Por ejemplo, THOMASSET (1938) establece 4 categorías, basadas principalmente en la proporción del diámetro total que ocupa la médula. HELMAN (1965) las clasifica según el grosor y las técnicas de visualización. En nuestro caso se propone una clasificación basada en diferencias morfológicas, que responde también a diferencias reales de diámetro, como se verá a continuación.

Para realizar un estudio en detalle de las fibras meduladas, se recurrió a una combinación entre las técnicas de análisis de medulación que se usaban anteriormente y la técnica normalizada que se emplea en la actualidad.

Antiguamente, el análisis de medulación se realizaba tomando una muestra dada de un mechón y separando visualmente las fibras meduladas, llamadas también "pelo canoso" por su aspecto lacio y opaco. Se separaban con unas pinzas finas del resto de las fibras, sobre un fondo de terciopelo negro. Después se contaban y se expresaban en tanto por ciento del número total de fibras de la muestra, o bien podían referirse también en porcentaje de peso.

La técnica actual se basa en la utilización del microscopio de proyección, y también está normalizada por la *Federation Lainière International*. Puede hacerse conjuntamente con la determinación del diámetro, y consiste en contar las fibras meduladas que aparecen en la pantalla, y expresarlas como porcentaje del total. Suele acompañarse con el cálculo del "error tipo", según la fórmula

$$ET = \sqrt{\frac{m}{n} (100 - m)},$$

donde n es el número total de fibras examinadas, y m, el tanto por ciento de fibras meduladas.

Con la muestra 595 – 8m, se procedió primero a separar visualmente todas las fibras meduladas (o pelo canoso). La cantidad total de pelos separados representó un 9,8% del peso total de la muestra. Después, se tomaron solamente las fibras meduladas, y se examinaron con el microscopio de proyección, previamente cortadas y montadas sobre el porta-objetos.

Sobre un recuento de 212 fragmentos de fibra, se obtuvo una media de 59,05 micras, con una desviación típica de 15,65. Como se ve, el diámetro medio resultó bastante más grande que al realizar los análisis de finura. Sin embargo, lo que de una forma visual se han considerado fibras meduladas, ofrecían cierta variabilidad de aspecto al observarse al microscopio.

Los distintos aspectos se han clasificado en varias categorías según su forma, tal como puede apreciarse en la Figura 4.3.4, y que se describen a continuación:

- *Fibras meduladas*: son las que tienen un canal medular continuo e ininterrumpido.
- *Fibras semimeduladas*: el canal medular es discontinuo, pero las manchas oscuras ocupan más del 50% de dicho canal.

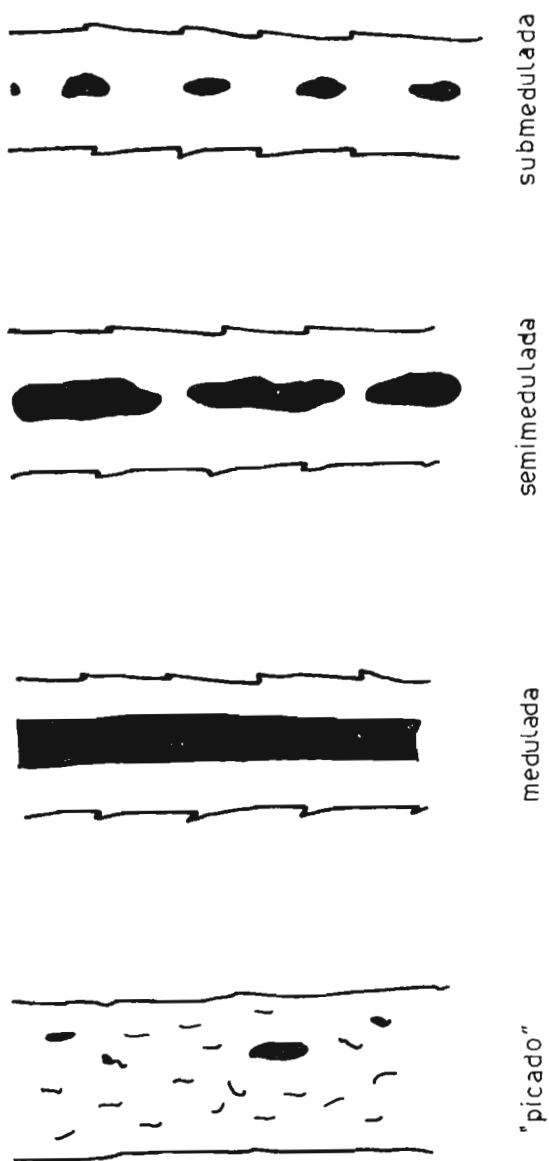


Fig. 4.3.4.

Aspecto de los distintos tipos de fibra medulada.

- *Fibras submeduladas*: la médula es de carácter discontinuo y muy intermitente, ocupando las manchas oscuras menos del 50% del canal central.
- *Fibras con "picado"*: son fibras que no suelen tener médula, pero presentan una serie de manchas dispersas por toda la fibra (¿o su superficie?), que les confieren un aspecto "de erosión". Posiblemente corresponden a las fibras con "ahumado" de HELMAN (1965).
- *Fibras normales*: entre el pelo canoso separado (supuestamente, fibras meduladas), se han encontrado también fibras de aspecto normal. Podría tratarse de fibras con médula discontinua, que en el fragmento cortado carecían de ella; o bien de fibras de lana normales, con lo cual el método antiguo no sería el adecuado para separar fibras meduladas. Me inclino a creer lo primero.

El número de fibras pertenecientes a estas categorías y el diámetro medio en micras son los siguientes:

"Picado"	Meduladas	Semimeduladas	Submeduladas	Normales
n = 51	n = 77	n = 19	n = 38	n = 27
$\bar{X} = 73,82$	$\bar{X} = 59,44$	$\bar{X} = 53,95$	$\bar{X} = 53,42$	$\bar{X} = 41,37$
S = 11,43	S = 8,95	S = 11,08	S = 11,63	S = 20,19
24,1%	36,3%	9%	17,9%	12,7%

Los tantos por ciento indican la proporción de cada categoría respecto al total.

La distribución de frecuencias se representa en la Figura 4.3.5. Como puede verse, la variabilidad es relativamente grande.

Se han realizado *test* de comparación entre las medias de los diámetros de las distintas fibras meduladas. Los valores de *t* obtenidos y el nivel de significación alcanzado son los siguientes:

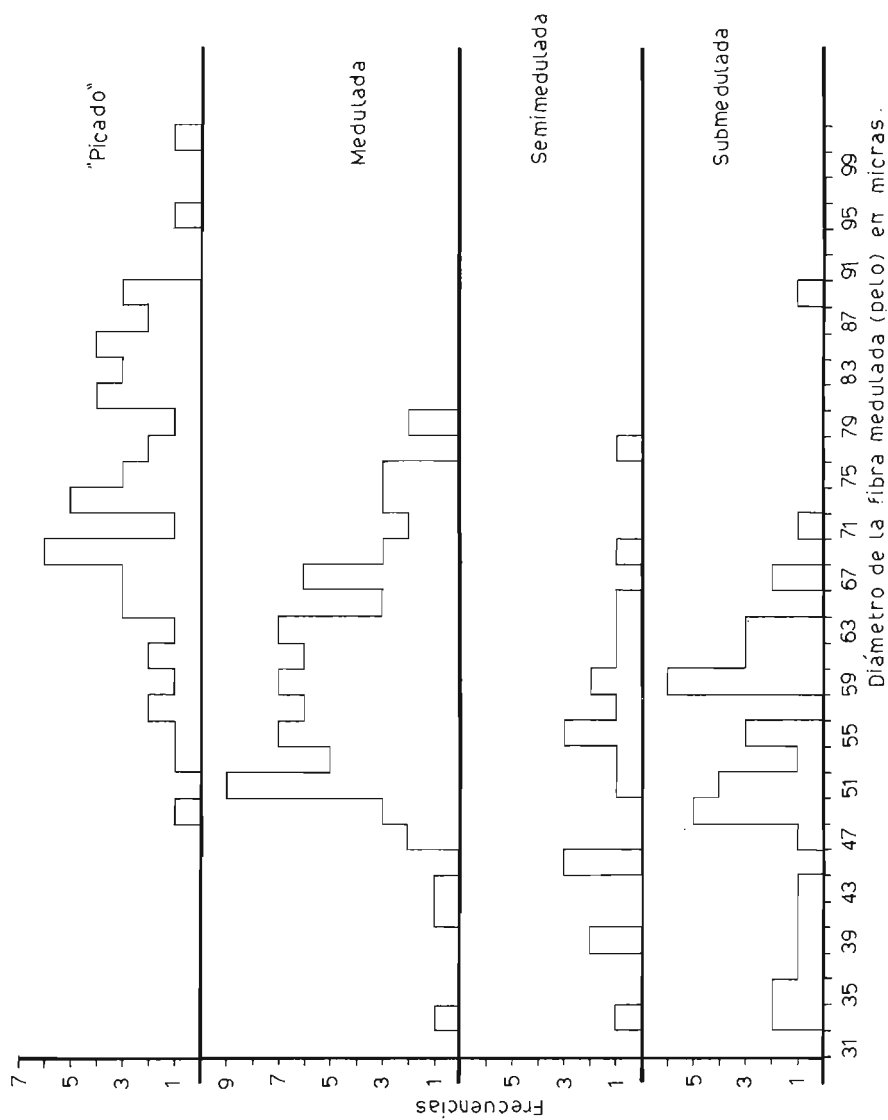


Fig. 4.3.5.

Histograma de frecuencias de los distintos tipos de fibras meduladas.

	Normal	Submedulad.	Semimedulad.	Medulad.	"Picado"
"Picado"	t = 9,081 +++	t = 8,245 +++	t = 6,615 +++	t = 7,577 +++	—
Modulad.	t = 6,317 +++	t = 2,807 ++	t = 2,004 +	—	
Semimed.	t = 2,462 +	t = 0,17 n.s.	—		
Submed.	t = 3,067 ++	—			
Normal	—				

Como se aprecia en el cuadro, las diferencias de grosor son casi todas significativas, excepto en el caso de las fibras semimeduladas y submeduladas.

Además, se observa también que el grosor va aumentando a medida que lo hace el grado de medulación, siempre que se consideren las fibras con "picado" como un caso extremo de medulación (Fig. 4.3.5).

e) La medulación durante el crecimiento

Al mismo tiempo que se realizó el análisis de finura, se contabilizaron las fibras meduladas que aparecían en cada una de las muestras. El número total se expresó como porcentaje del total de fragmentos examinados, y se calculó también el error tipo según la fórmula que se ha indicado anteriormente. Los resultados se expresan en la Tabla 4.3.4.

En general, se observa una cierta tendencia a que el tanto por ciento de fibras meduladas se vaya reduciendo con la edad. Por ejemplo, durante los dos primeros meses, la cantidad de fibras meduladas parece relativamente alta. Ello se debe posiblemente a la presencia de gran cantidad de

Tabla 4.3.4.

Fibras meduladas encontradas en cada una de las muestras estudiadas.

Muestra	N.º fibr. medul.	N.º total	%	Error tipo (%)
577 – 2 m	30	363	8,5	1,48
577 – 4 m	22	351	6,3	1,29
577 – 6 m	24	312	7,7	1,51
595 – 1 m	34	285	11,9	1,92
595 – 2 m	34	302	11,3	1,82
(+) 595 – 8 m	2	318	0,6	0,44
595 – 10 m	4	321	1,2	0,62
595 – 12 m	14	310	4,5	1,18
852 – 3 m	24	358	6,7	1,32
852 – 4 m	15	406	3,7	0,94
852 – 5 m	8	379	2,1	0,74
852 – 6 m	12	434	2,8	0,79
(+) 580 – 6 m – base	3	111	2,7	1,53
(+) 580 – 6 m – cent.	3	137	2,2	1,25
(+) 580 – 6 m – punt.	10	176	5,7	1,74

(+) De estas muestras se había extraído previamente el pelo canoso a mano.

pelos en los corderos muy jóvenes (HELMAN los llama "Kemps"), que les confiere un aspecto particular. Estos pelos suelen caerse a los 3 meses, siendo sustituidos por otras fibras, meduladas o no. Esta época suele coincidir con el aumento de grosor de la fibra, como se ha visto antes, y con un incremento general de la producción lanosa en toda la superficie del animal, lo cual se detecta en el crecimiento del peso de la piel (ver apartado 5.3.c. de la piel en el capítulo 5.).

En cuanto al grosor medio de los pelos o fibras meduladas en las distintas muestras, los resultados son los siguientes:

Muestra	n	X	S	C.V. (%)
577 – 2 m	30	46,27	7,82	16,9
577 – 4 m	22	57,55	19,99	34,7
577 – 6 m	24	70,42	19,23	27,3
595 – 1 m	34	42,35	7,03	16,6
595 – 2 m	34	42,76	7,62	17,8
595 – 8 m	212	59,05	15,65	26,5
595 – 10 m	4	66,5	27,78	41,8
595 – 12 m	14	62,86	17,28	27,5
852 – 2 m	24	49,17	3,58	7,3
852 – 4 m	15	46,87	5,83	12,4
852 – 5 m	8	63,25	9,88	15,6
852 – 6 m	12	68,83	16,61	24,1

De ellos se deduce que, en general, parece existir una tendencia a que el grosor aumente con la edad, tal como ocurría en el análisis de finura de las fibras normales. Por otro lado, los valores de la desviación típica y del coeficiente de variación son grandes, lo que indica una variabilidad bastante acusada en el diámetro medio de las fibras meduladas; ésta puede estar relacionada con la edad, aunque no sea posible demostrarlo de forma concluyente.

Algunos aspectos de los resultados del análisis de la medulación podrían interpretarse, en cierto modo, como un apoyo a la hipótesis de BLANXART (1954), quien sugiere la evolución de la fibra de la lana hacia la fibra medulada. Ello se basaría en que la medulación aumenta con el grosor, y éste con la edad.

No obstante, parece más probable la hipótesis de HELMAN (1965, p. 103), quien sugiere que la evolución se produciría en sentido contrario, es decir, de la fibra medulada o pelo hacia la fibra de lana. Los resultados sobre la reducción del número relativo de fibras meduladas a medida que el animal crece apoyarían esta hipótesis. Desde un punto de vista más especulativo, esto último nos llevaría a recordar la teoría de la recapitulación de HAECKEL, en el sentido de que la disminución de fibras meduladas durante la ontogenia recuerda la sucesiva modificación del pelo en fibras de lana durante la historia evolutiva de los ovinos domésticos.

f) Conclusiones

A modo de resumen, el estudio del crecimiento de la lana, por medio del análisis micrográfico que se ha expuesto, permite extraer las siguientes observaciones:

1. Existe una correlación positiva significativa entre la edad y la cantidad de grasa (suarda) de las muestras. Dicha correlación ofrece un mejor ajuste cuando se relaciona con el peso vivo del animal.
2. Existen diferencias significativas entre la finura de la fibra a distintas alturas del mechón, siendo más fina cuanto más externa a la superficie es la distancia.
3. Lo dicho para la grasa de la lana sirve para la finura; es decir, que el diámetro medio de la fibra aumenta con la edad con una cierta tendencia a estabilizarse. Del mismo modo, la correlación aumenta entre la finura y el peso del animal.
4. Existen diferencias estadísticamente significativas entre el grosor medio de los distintos tipos de fibras meduladas.
5. Se observa una relación directamente proporcional entre la cantidad de medulación y el grosor de la fibra: a más médula, mayor grosor (considerando las fibras o pelos con "picado" como un caso extremo de medulación).
6. En general, parece que el número de fibras meduladas disminuye al aumentar la edad. Del mismo modo, parece ser que las fibras que quedan al aumentar la edad se hacen más gruesas y con una variabilidad de diámetros más grande que en los animales jóvenes.

5. CRECIMIENTO DE LOS ORGANOS Y DE LOS SISTEMAS

5.1. Antecedentes

Si en el anterior capítulo se ha abordado el estudio del crecimiento desde el punto de vista de la morfología externa, así como de aquellos sistemas que mantienen al animal en contacto (piel y faneras) con su entorno, en este capítulo se estudiará el crecimiento de aquellos órganos y sistemas que de una manera u otra ayudan a mantener el equilibrio del medio interno, y son responsables tanto de la vida vegetativa como de las funciones de relación.

Conviene plantear desde el principio algunas advertencias básicas, referentes a los datos que se van a estudiar y a sus posibles limitaciones:

1. En este capítulo, el estudio del crecimiento se llevará a cabo principalmente a partir de las variaciones de peso encontradas en distintos órganos durante el período juvenil. En muchos casos, la única representación con que se cuenta de los sistemas y aparatos anteriormente mencionados, consiste en uno solo, o pocos, de los órganos que los constituyen, aunque éstos sean de indudable importancia. Por ejemplo, del sistema nervioso sólo se ha estudiado el encéfalo; del aparato excretor, sólo los riñones, ... Este hecho permite comprender fácilmente que la interpretación de la función y los cambios que se producen con la edad se haya hecho cautelosamente.

2. En orden a las posibles interpretaciones fisiológicas a que me he referido, y para establecer posibles correspondencias entre órgano y función, la evolución del peso de un órgano puede ser una variable demasiado sencilla, que no siempre está relacionada con cambios importantes en su estructura interna y funcionamiento (BERRILL, 1955).

Acerca de la forma en que crecen las diferentes partes, órganos y tejidos de un organismo, y sobre todo atendiendo a sus factores causales, surgieron a partir del primer tercio de este siglo numerosas explicaciones e hipótesis, que se han prolongado hasta nuestros días, con tal cantidad de trabajos e interpretaciones que su sola referencia sería prácticamente tarea inabordable aquí. En líneas muy generales, cabe destacar que para HUXLEY (1932), el crecimiento de un determinado elemento corporal (reflejado, por ejemplo, en sus coeficientes de alometría) es una constante característica de un estadio preciso del desarrollo de un individuo, de una especie. Según RICHARDS (1935), sin embargo, los coeficientes de alometría pueden ser sensibles a las condiciones del medio. BOCCARD y col. (1964) aseguran que el valor del coeficiente de alometría no es una constante propia de un estadio del desarrollo, sino una variable función de la velocidad de crecimiento, es decir, función a la vez de la edad y del peso del animal.

Mucho antes, y coincidiendo con las importantes publicaciones de la década de los años treinta sobre el crecimiento, HAMMOND (1932) armoniza esta doble componente causal del desarrollo (genética y ambiental), estableciendo una serie de principios, seguidos posteriormente por numerosos autores, quienes configuraron la llamada *Escuela de Cambridge*. Básicamente, estos principios establecen que a medida que el animal crece, se van modificando sus proporciones corporales, y esto se debe al crecimiento desigual de sus diferentes partes:

"En general, puede apreciarse una onda de crecimiento que empieza en la cabeza y se extiende a lo largo del tronco, y ondas secundarias que se inician en las extremidades y ascienden por el cuerpo, encontrándose ambas en la unión de la región del lomo, con la última costilla, región que se caracterizaría por su más lento desarrollo. Estos distintos "gradientes de crecimiento" existen asimismo en los diferentes tejidos del cuerpo, que crecen en el siguiente orden: cerebro, hueso, músculo y grasa" (HAMMOND, 1966, p. 32).

La teoría de las ondas de crecimiento, sugerida por HAMMOND de forma casi intuitiva y con escasos datos unos 50 años atrás, fue corroborada palpablemente a partir del estudio del crecimiento del esqueleto de los corderos (GARCIA-GONZALEZ, 1981a, b y c). Efectivamente, si se calculan los coeficientes de alometría del crecimiento longitudinal de la mayor parte de los huesos del esqueleto, se observa que sus valores presentan una ordenación creciente muy exacta, precisamente en el sentido que indican las flechas de la Figura 5.0. Esto significa que existen regiones con muy poca intensidad de crecimiento, como el tarso y el carpo, a partir de las cuales dicha intensidad va aumentando a lo largo del cuerpo, hasta ser máxima en la región lumbar (ésta es, por ejemplo, la razón biológica por la cual la carne de solomillo es la más cara). Esta demostración aporta además la novedad de que los centros de irradiación de las ondas de crecimiento se encuentran en el basipodio (tarso y carpo), y no en la parte más distal de las extremidades como había predicho HAMMOND (posiblemente exista además otro centro de irradiación en el encéfalo).

Los cambios de las proporciones corporales en virtud de la edad en los animales domésticos, representan un hecho de gran importancia para el hombre, ya que la intensidad de estos cambios varía en las distintas razas (y, por tanto, depende de la selección a que han sido sometidas según los distintos propósitos de explotación); y según el nivel nutritivo de que han disfrutado durante su crecimiento (influencia peristática), tanto en su aspecto cuantitativo (PALSSON, 1955; WALLACE, 1948), como cualitativo (WARDROP, 1960; WOOD & COWAN, 1968).

HAMMOND afirma también que las distintas partes y tejidos poseen prioridades en cuanto a la utilización de la energía incorporada, y esta jerarquía se establece en el mismo orden que el mencionado anteriormente. Precisamente, la selección (al menos en lo que se refiere a la mejora de producción cárnica) y el nivel de alimentación ejercen un efecto en el mismo sentido sobre los cambios producidos en las proporciones corporales, y, por tanto, sobre el crecimiento desigual de sus distintos componentes. "Parece que las partes que crecen más durante la vida postnatal, son aquellas que más se modifican según cambios producidos por la selección artificial, mientras que las partes de menor crecimiento en la vida postnatal (cabeza, extremidades distales) son las que proporcionalmente permanecen reducidas" (HAMMOND, 1932, p. 193). Una consecuencia de esto sería que una raza rústica (poco seleccionada) poseería unas velocidades de crecimiento

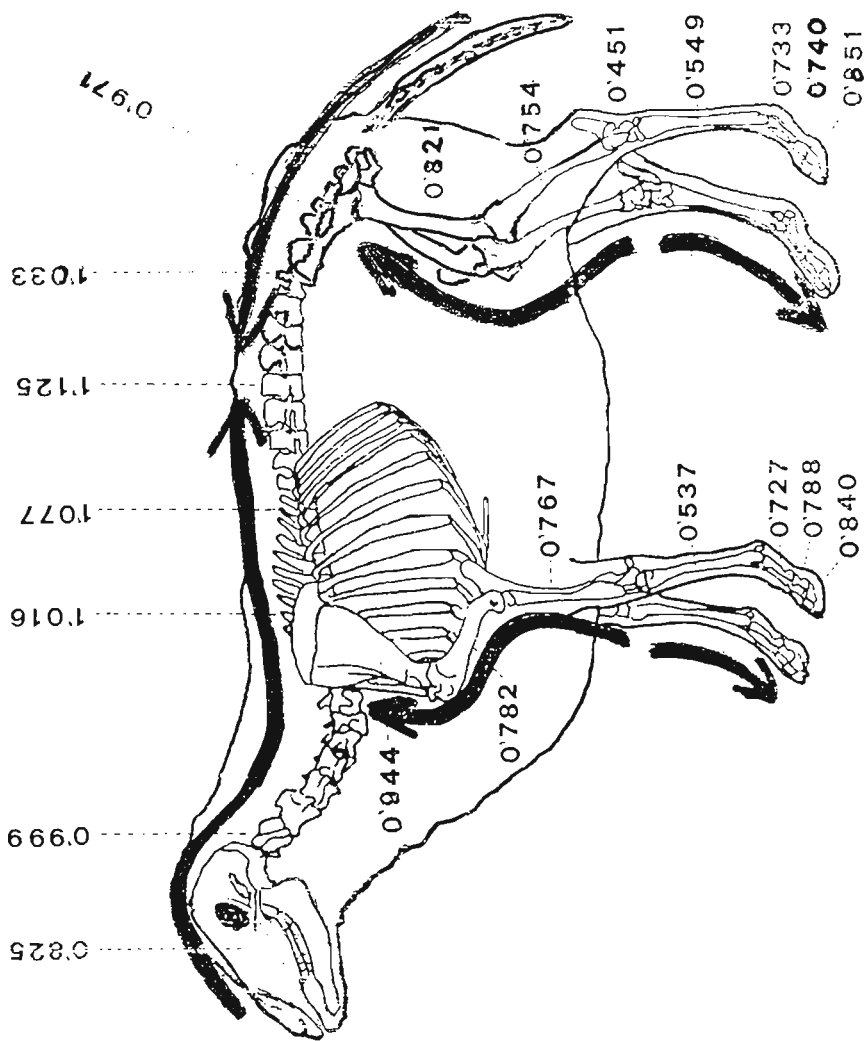


Fig. 5.0.

Coefficientes de alometría del crecimiento longitudinal de varios elementos óseos. Las flechas indican el gradiente de intensidad del crecimiento en orden creciente (elaborado a partir de GARCÍA-GONZÁLEZ, 1981 a, b y c).

de sus distintos tejidos y órganos similares a las de una raza mejorada, pero mantenida a un nivel nutritivo bajo (a este respecto, puede verse HAMMOND, 1966, p. 154; o VISSAC, 1963).

Como se expondrá más adelante, tales teorías han sido discutidas posteriormente por varios autores (EVERITT, 1968; REID, 1968). En nuestro caso, y sin entrar de momento en la controversia, se puede afirmar que la variable alimentación a que fueron sometidos los corderos objeto de estudio se procuró que resultara lo más homogénea posible para todos ellos. Las características de dicha alimentación ya fueron comentadas en el apartado 2.3.c.). Por otra parte, el análisis del crecimiento de órganos y tejidos que se efectuará aquí presenta una característica, y es que básicamente se realizará a partir de los coeficientes de alometría que presentan dichos órganos, sin excluir el análisis porcentual, que servirá como complemento del primero. Esto nos lleva a realizar una breve disquisición histórica acerca de los tipos de análisis matemáticos empleados hasta ahora.

Los estudios de la escuela inglesa sobre crecimiento, mencionados anteriormente, se realizaron sobre todo a partir de cálculos de porcentajes, índices y proporciones (HAMMOND, 1932; VERGES, 1939; WALLACE, 1948; PALSSON, 1955...). Fue años más tarde cuando el estudio del cambio de las proporciones corporales en los animales domésticos se abordó a partir del análisis del crecimiento alométrico de los distintos componentes corporales, sobre todo por parte de una serie de autores franceses: BOCCARD y col., 1964; CANTIER y col., 1969; BENEVENT, 1971; VEZINHET & PRUD'HON, 1975,..., sin olvidar los estudios de EVERITT (1968), en lo que atañe al crecimiento prenatal.

El análisis alométrico presenta una serie de ventajas sobre el proporcional. Una de ellas sería la de amortiguar en gran medida las variaciones individuales, que alteran frecuentemente los resultados porcentuales, a menos que se disponga de series grandes de individuos. Los coeficientes de alometría representarían, así, una especie de promedio de los ritmos de crecimiento de las distintas partes u órganos estudiados. Por otra parte, la comparación de las pendientes (por ejemplo, según sexos u otro criterio) y la observación de los cambios que pueden producirse en las mismas (por ejemplo, durante la pubertad) permiten manifestar alteraciones en la marcha general del crecimiento que no serían fácilmente detectables a partir de los índices. El desarrollo de estos criterios, así como la utilización de la función

alométrica en los estudios de crecimiento fueron establecidos y recomendados por HUXLEY (1932). Revisiones y discusiones más recientes han aparecido en los trabajos de ALCOBE y PREVOSTI (1950), GOULD (1966), o BERTALANFFY (1968), entre otros.

Aparte del tipo de tratamiento matemático que se dará a los datos, creo que conviene destacar la importancia de otra novedad en este tipo de estudios, que se refiere más bien al material investigado y a la secuencia de las series de animales elegidos. En efecto, la mayoría de los estudios sobre composición corporal se han centrado, sobre todo, en el estudio somatométrico de los principales sistemas internos de mayor importancia económica, es decir, el desarrollo relativo de los tres componentes principales de la res en canal: hueso, carne y grasa (BOCCARD y col., 1961; ROUSE y col., 1970; CASTRILLO, 1975, ...); o en poner de manifiesto las relaciones entre ellos (CALLOW, 1948; RUSSELL & BARTON, 1967; JACKSON, 1967); también, en aspectos concretos de determinados órganos viscerales, sobre todo del tracto alimentario (WARDROP, 1960; LARGE, 1964). Por el contrario, son menos frecuentes los estudios sobre el crecimiento de todo el conjunto visceral y de las restantes partes y sistemas del organismo —como el que se emprende aquí—, que permiten una visión más generalizada del desarrollo orgánico, y, por tanto, quizás un establecimiento más coherente de sus mutuas relaciones.

Por otra parte, muchos de los trabajos referidos se centran más bien en la influencia de diversos factores sobre el crecimiento (nutrición, cruces raciales, ...) que en considerar el estudio del crecimiento en sí mismo, según unas condiciones dadas, como se intenta abordar aquí. Cabe mencionar, sin embargo, el artículo de BENEVENT (1971) para la especie ovina, que sigue esta misma orientación, aunque el período de crecimiento estudiado es sólo hasta los 5 meses (la mayor parte de los trabajos se limitan a los 3 primeros meses de vida, debido a que el período de explotación comercial de la especie suele corresponder a una etapa temprana del desarrollo juvenil). Precisamente, la ampliación del período de crecimiento hasta el año de vida creo supone otra de las novedades de este trabajo, y con ello se pretendía cubrir todo el proceso postnatal de crecimiento y desarrollo hasta la edad adulta. A la edad de un año, los corderos presentan casi las mismas dimensiones corporales y peso que los adultos, sin embargo, algunos de sus órganos internos no han alcanzado el desarrollo adulto, como se verá seguidamente.

Existen algunos trabajos de este tipo, en los que el período de crecimiento abarca hasta el año de vida o más, por ejemplo: HAMMOND (1932), WALLACE (1948), SRIVASTAVA & ROY (1971). No obstante, los datos correspondientes a los distintos estadios del crecimiento son escasos, por lo que su estudio no puede realizarse con la suficiente precisión. El trabajo de CANTIER y col. (1971) contiene todas las características mencionadas, pero la especie estudiada es el conejo doméstico.

5.2. Métodos

a) Animales utilizados.

Se ha dispuesto de un total de 31 ovinos de raza Aragonesa, variedad Ansotana. Cinco de ellos, adultos (3 hembras y 2 machos); el resto (26) son animales jóvenes con edades comprendidas entre el nacimiento y los 12 meses. Todos los corderos proceden de partos únicos; no se ha podido conocer con seguridad la edad de los animales adultos¹. La alimentación y el proceso de cría han sido relatados anteriormente. Como ya se señaló, del rebaño original se seleccionaron al azar y se marcaron, en el nacimiento, 31 corderos de ambos sexos; 11, nacidos a principios de primavera (marzo 76), y 17, en otoño (octubre 76). Posteriormente, se controló el peso y se tomaron las medidas externas. A intervalos de un mes, se extrajo al azar una pareja de animales de cada sexo, para realizar los estudios *post-mortem*. En cuanto a la edad de sacrificio, existen ciertas salvedades que explicaré a continuación:

- Durante el primer mes de vida, el sacrificio de parejas se realizó con un intervalo de diez días, es decir, a los 10, 20, 30 días de edad, puesto que, previamente, se había observado que gran parte de los cambios anatómicos más aparentes tienen lugar durante el primer mes, y se conocía por la bibliografía que sobre todo ocurría así en el tracto gastro-intestinal. Interesaba, pues, disponer de una serie más numerosa de ejemplares comprendidos en esa edad.

¹ El estado de la dentición, no obstante, permite estimar la edad de los machos entre 4-5 y 7-8 años respectivamente. Y la de las hembras entre 8 y 10 años.

- A partir de los seis meses, el sacrificio de los corderos fue bimensual, es decir, a los 6, 8, 10, 12 meses. Las razones son inversas a las anteriores, es decir, se consideró que los cambios que se producen después de los seis meses no son demasiado grandes, y el intervalo de dos meses podía ser suficiente. Hubiera sido deseable el poder aumentar el número de animales estudiados, pero el encarecimiento de este tipo de material permitirá comprender fácilmente nuestras limitaciones. De todas formas, el tamaño de la muestra se ha revelado suficiente para comprender la marcha general del crecimiento de los distintos órganos y sistemas. Por otro lado, las varianzas residuales halladas en las regresiones para la función alométrica no son mucho más grandes que las obtenidas en otros estudios con un mayor número de animales: CANTIER y col., 1969; BENEVENT, 1971; LARGE, 1964.

En la Tabla 5.1. se indica el número del animal, el sexo, la fecha de nacimiento y sacrificio, y el peso final alcanzado. La nomenclatura que se ha seguido para numerar a los individuos es la siguiente:

- La primera cifra indica el sexo: un 1 si es macho y un 2 si es hembra.
- La cifra que se sitúa a continuación indica la edad en meses; así, por ejemplo: el n.º 25 es la hembra sacrificada a los 5 meses; el n.º 110, el macho muerto a los 10 meses.
- Los números fraccionarios indican la edad como fracción del mes: así, el 1 $\frac{2}{3}$ es el macho sacrificado a los 20 días; el 2 $\frac{1}{3}$ es la hembra muerta a los 10 días; los subíndices a y b indican que hay dos animales del mismo sexo muertos a la misma edad.
- En cuanto a los números 200a y 200b, se trata de dos hembras que nacieron muertas. Pueden considerarse, pues, como abortos. El n.º 103 es un macho muerto a la edad de 3 días.
- Los animales adultos se designan con una letra para cada sexo: O, para las ovejas, y M, para los machos. El número indica sólo el orden de sacrificio. Se desconoce la edad exacta de estos adultos, por haber sobrepasado todos ellos el último cambio de incisivos, que permite determinar la edad con cierta precisión. Sin embargo, por el desgaste

Tabla 5.1.

Animales utilizados para el estudio del crecimiento de los órganos internos.

N.º	Sexo	Nació	Murió	Edad (días)	Ps sacrif. (PV) Kg
200b	h		18 oct. 76	0	1,069
200a	h		15 oct. 76	0	1,923
103	m	20 oct. 76	23 oct. 76	3	2,983
2 1/3b	h	23 oct. 76	2 nov. 76	10	3,310
2 1/3a	h	18 oct. 76	28 oct. 76	10	5,046
1 1/3	m	28 oct. 76	6 nov. 76	9	4,890
2 2/3	h	23 oct. 76	12 nov. 76	20	6,810
1 2/3	m	18 oct. 76	8 nov. 76	21	7,276
21	h	18 oct. 76	19 nov. 76	32	8,270
11	m	23 oct. 76	23 nov. 76	31	9,345
22	h	18 oct. 76	20 dic. 76	63	13,711
12	m	18 oct. 76	17 dic. 76	60	15,500
23	h	18 oct. 76	20 ene. 77	94	16,565
13	m	23 oct. 76	24 en. 77	93	23,250
24	h	18 oct. 76	15 feb. 77	121	21,500
14	m	18 oct. 76	17 feb. 77	123	29,500
25	h	18 oct. 76	17 mar. 77	151	24,000
15	m	18 oct. 76	24 mar. 77	158	29,500
26	h	18 oct. 76	20 abr. 77	185	29,000
16	m	18 oct. 76	19 abr. 77	184	42,500
28	h	16 mar. 76	16 nov. 76	245	35,500
18	m	16 mar. 76	25 nov. 76	254	42,500
210	h	18 mar. 76	26 ene. 77	314	36,500
110	m	19 mar. 76	28 ene. 77	314	53,000
212	h	26 mar. 76	29 mar. 77	368	35,000
112	m	16 mar. 76	22 mar. 77	371	53,000
01	h		18 dic. 78	9 años	38,500
02	h		10 ene. 79	> 4 años	37,500
03	h		31 oct. 79	8-9 años	37,500
M1	m		7 dic. 76	> 4 años	52,500
M2	m		14 dic. 76	> 4 años	51,000
Mf	h	Primav-78	1 mar. 79	10 m. aprox.	17,250

de su dentición, así como por las consultas a sus cuidadores, cabe decir que se trata de animales viejos, entre los 5 y 9 años; algunos de ellos rozando sus límites de edad: 9-10 años (01 y 03).

La ventaja de esta nomenclatura reside en que a partir de su número, podemos saber el sexo y edad del animal, y se adoptará de ahora en adelante para todos los capítulos que traten del estudio "en muerto" (*post-mortem*) de los corderos.

Así pues, los animales sacrificados representan un total de 13 estadios de crecimiento, caracterizados por la edad y una determinada velocidad de crecimiento. Tales estadios serían 0, 10, 20 y 30 días; 2, 3, 4, 5, 5, 8, 10 y 12 meses; y el estadio adulto. Los animales del estadio de los 0 días no deben considerarse como representación de corderos en el nacimiento, sino más bien de la fase prenatal, y así serán considerados al exponer los resultados.

Además de los animales mencionados, se ha tenido la oportunidad de disponer de un ovino salvaje (muflón) procedente de la sierra de Cazorla, cedido amablemente por el ICONA. Se trata de una hembra de 10 meses de edad, aproximadamente, y ha sido estudiada con la misma técnica utilizada en los domésticos. A pesar de la poca significación de los datos de un solo ejemplar, se han incluido en el presente capítulo y siguientes, por estimar su utilidad a efectos comparativos, dada además la ausencia total de este tipo de datos en la bibliografía nacional. En las tablas, se hará referencia a este individuo con la abreviatura *Mf*, y en los gráficos, su valor se representa por un asterisco; dicho valor no se ha incluido en el cálculo de las rectas de regresión. En el apartado 5.3. se comentarán oportunamente los resultados de su disección.

b). Criterios para la elección del momento de sacrificio.

De los numerosos trabajos relacionados con el crecimiento diferencial o con la determinación de la composición corporal que implican la muerte del individuo para su análisis, puede deducirse que básicamente se utilizan tres criterios para elegir los estadios de crecimiento a que deben sacrificarse los animales:

- Uno de ellos es la edad, utilizado necesariamente en estudios sobre crecimiento prenatal (WALLACE, 1948; EVERITT, 1968), o normalmente en aquellos otros cuya finalidad es el crecimiento *per se*, ya sea de una manera global (CANTIER, 1969) o más parcial (WARDROP & COOMBE, 1960; LARGE, 1964). Representa la ventaja de su comodidad, y como se ha visto antes, es el que se ha seguido en este trabajo.
- Otro criterio es el sacrificio de los animales con un peso determinado. Suele utilizarse en aquellos trabajos en los que se observa la influencia de diversos factores sobre el crecimiento (MORGAN & OWEN, 1973; PRESCOTT, 1969; PURCHAS, 1978; COLOMER y ESPEJO, 1973), y normalmente orientados hacia aspectos productivos.

Sin embargo, estas diferencias de criterio parece que no obedecen tan sólo a enfoques de tipo práctico, sino que en el fondo también subyacen puntos de vista de dos escuelas antagónicas: la escuela de HAMMOND, cuyos principios básicos ya han sido comentados, apoyaría la edad como factor más importante para la modificación de la composición corporal; mientras que la escuela de REID, J.T. (Universidad de Cornell) sostiene que debe tenerse en cuenta el peso (CASTRILLO, 1975).

A partir de los trabajos de BOCCARD (BOCCARD y DUPLAN, 1961; BOCCARD y col., 1964), surge un nuevo punto de vista, también comentado, y es que el crecimiento diferencial dependería de los dos factores a la vez (edad y peso), es decir, de la velocidad de crecimiento. Sin embargo, esta hipótesis, lejos de representar una síntesis, no aporta claridad al tema, ya que la velocidad de crecimiento viene afectada por el nivel alimentario (base de la controversia), y por otro lado, los resultados obtenidos por estos autores posiblemente no presentarían diferencias significativas si se excluyese el tejido graso, como sostienen los partidarios de REID (Mc DONALD y otros, 1975, p. 280).

Desde la perspectiva de BOCCARD, el trabajo de BENEVENT (1971) selecciona los animales que han seguido escrupulosamente una misma velocidad de crecimiento, en los dos sexos, y los sacrifica con unos pesos determinados. Sin embargo, esto puede acarrear otro tipo de consecuencias, que el mismo autor reconoce (p. 29), como es un sobreengrasamiento

de las hembras, al llevar una marcha de crecimiento "más forzada", con la consiguiente repercusión en los otros tejidos.

En nuestro caso, este riesgo se ha paliado eligiendo los corderos sacrificados a una misma edad, y por tanto con peso y velocidad de crecimiento distintos según los distintos estadios y sexos (Tabla 5.2.), acercándose a unas condiciones más "naturales" de crecimiento. El hecho de que la alimentación haya sido *ad libitum* tiene el significado de intentar expresar las potencialidades máximas de la raza (o variedad).

Tabla 5.2.

Tasas de crecimiento (g/día) por sexos, para la mitad y la totalidad del período de crecimiento estudiado (v. ampliación en el cap. 3).

	machos	hembras
0-150 días	208	156
0-345 días	145	96

Por otro lado, aunque el sacrificio se haya hecho a edades determinadas, las alometrías se han efectuado tomando como base el peso vivo vacío, sin tener en cuenta los estadios temporales concretos, que pueden ser fuente de otro tipo de errores (ALCOBE y PREVOSTI, 1950).

c). Situación de los animales sacrificados en la curva general de crecimiento.

En la Fig. 5.1. se representa la curva general de crecimiento y la posición que ocupan los animales estudiados en este capítulo. Las cruces simbolizan a los machos y los círculos a las hembras; las líneas verticales, los límites de confianza al nivel de probabilidad del 0,05 para las medias de los pesos a una edad determinada.

Como puede observarse, algunos casos (los machos de 5 y 8 meses) se desvían bastante de la curva general; por otra parte, aunque los corderos fueron seleccionados al azar, muchos de ellos coinciden en el peso para

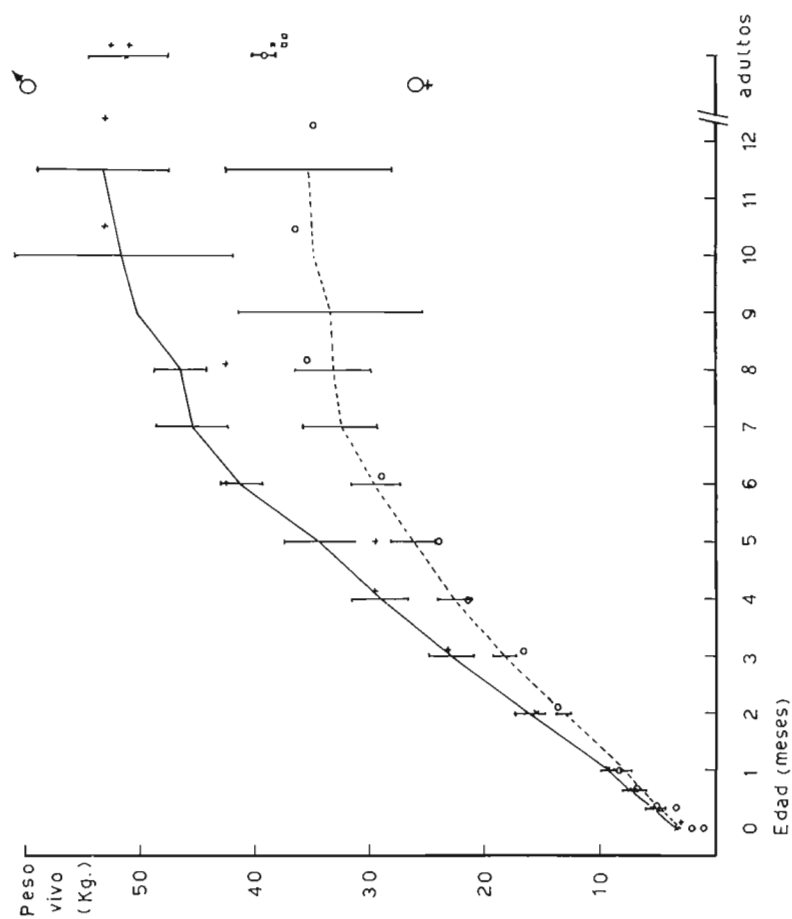


Fig. 5.1.

Situación de los animales sacrificados en la curva general de crecimiento. Las líneas verticales representan los límites de confianza a un nivel de 0,05 para la media de peso a edades determinadas. Las cruces representan a los machos sacrificados, y los círculos, a las hembras.

edades distintas (por ejemplo, el 14 y 15, el 16 y 18, el 110 y 112, y las hembras a partir de 8 meses). A todo esto puede surgir la objeción de que las velocidades de crecimiento han sido diferentes, y que ello puede repercutir en el crecimiento diferencial. Sin embargo, se han de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Como se verá próximamente, el contenido del aparato digestivo es una fuente de variación importante, que puede alterar bastante la posición relativa de un animal en la curva general.
- Por otra parte, los casos de coincidencia en peso, una vez descontado el contenido estomacal, por lo general no muestran en las gráficas de las relaciones alométricas (ver Fig. 5.3.) grandes discrepancias, al menos mayores de las que permite considerar la misma variabilidad individual.
- Finalmente, tanto si hay coincidencia como diferencia para un órgano determinado, en los casos referidos, puede tener un interés práctico, y es el de proporcionar una idea sobre las alometrías de talla, según expresión de Teissier (GOULD, 1966), es decir, ver lo que ocurre con la alometría de determinadas partes cuando se mantiene fijo el todo. Estas mismas comparaciones pueden hacerse con los adultos estudiados, ya que su peso total se sitúa dentro del rango de variación del peso de los corderos, y su diferencia más importante pasa a ser entonces la edad.

d) Sacrificio y despiece.

Ante todo, cabe decir que en lo referido a los primeros estadios de la preparación del animal para el estudio anatómico (muerte y evisceración), se han seguido las pautas clásicas del despiece carnicero más que una rigurosa disección biológica. Las razones son obvias, si se piensa en el interés y uso totalmente zootécnico de la especie. Por otro lado, en toda la extensa bibliografía existente sobre la materia, se utiliza esta misma metodología (o

muy similar), es decir, la encaminada a la preparación de las canales, y que en este trabajo constituye lo que llamo *primer despiece*².

Creo que casi no es necesario indicar que esta forma de actuar no está exenta de significado biológico, sino que simplemente ese significado adquiere otra perspectiva.

Los animales elegidos para el sacrificio eran pesados en el establo y trasladados al laboratorio (20 Km. de distancia), donde eran nuevamente pesados y posteriormente sacrificados, en un intervalo de tiempo que normalmente oscilaba entre las 2 y 5 horas. Como puede verse en la Tabla 5.4., el simple traslado implica la primera pérdida de peso, hecho ya destacado en varios trabajos (HAMMOND, 1932; COLOMER y ESPEJO, 1973). El peso tomado en el laboratorio momentos antes de morir es lo que llamo *peso vivo* (PV) o *peso sacrificio*.

La muerte se produjo por procedimiento tradicional, es decir, por degüello, seccionando la vena yugular y la arteria carótida; dejando desangrar al animal, sin previa anestesia. La sangre fue recogida y posteriormente pesada. A continuación se despellejaba y se colgaba por los corvejones. Después, se seccionaba ventralmente, extrayendo todo el paquete visceral, empezando primero por la cavidad abdominal, cortando el esófago del resto del aparato digestivo a unos 3 cm. del cardíaco, siguiendo con las vísceras torácicas y extrayendo en último lugar el diafragma. Previo a esto, en los animales machos se separaban los testículos y el pene, y en las hembras adultas las glándulas mamarias. La incisión ventral, una vez llegada a la altura del esternón, se desviaba a través de los cartílagos costales hasta alcanzar el cuello a la altura de la laringe. Tal proceder es una variante del típico despiece de carnicería, pero permite dejar intacto el esternón.

Una vez eviscerado el animal, se procedía a separar los extremos de las patas a la altura de los huesos tarsianos y carpianos, y la cabeza, en su articulación con el atlas.

² Por otra parte, un despiece más cuidadoso no está exento de dificultades relativas al tiempo de dedicación para obtener datos en fresco.

De esta manera, quedaba preparada la canal. Los riñones, normalmente envueltos en la grasa perirrenal, quedaban adosados a la pared dorsal interna, formando parte de la canal.

Así pues, del primer despiece se obtienen 6 partes con sus correspondientes pesos:

- Sangre: toda la sangre obtenida por degüello.
- Piel: formada por la dermis, epidermis y la lana.
- Pezuñas y cañas: corresponde a las cuatro extremidades distales despellejadas, es decir, metatarso o metacarpos (cañas) y falanges con sus pezuñas³.
- Cabeza: despellejada.
- Vísceras: constituidas por las vísceras torácicas (aparato respiratorio, corazón, timo y esófago) y las vísceras abdominales (aparato digestivo, hígado, bazo, parte del aparato excretor) separadas por el diafragma. Los órganos reproductores se incluyen también en este grupo.
- Canal: formada básicamente por el esqueleto (excepto cabeza y partes distales de las extremidades, masas musculares y gran parte de tejido graso, junto con riñones y grasa perirrenal).

Dissección de órganos. A partir de las partes obtenidas en el primer despiece, y principalmente de las vísceras, se fueron separando en sus componentes principales, con el objetivo de aislar y pesar el mayor número posible de órganos, dentro de los límites que imponía el tiempo y las consiguientes pérdidas de evaporación, de las cuales hablaré más adelante. El conjunto de operaciones normalmente no sobrepasó las 36 horas. Se utilizó una balanza de precisión marca "OHAUS", con aproximación de un gramo.

Siguiendo el mismo orden de exposición anterior:

³ En adelante, se utiliza frecuentemente el término *patas* para designar a esta parte distal.

- *Sangre*: una vez pesada no se utilizaba para ninguna otra experiencia. Tal vez sea conveniente aclarar aquí que el peso de sangre obtenida con el procedimiento explicado no pretende ser una valoración total del volumen del líquido circulatorio –para lo cual se requieren en la actualidad técnicas más precisas que normalmente utilizan marcadores internos (SCHALM, 1964)–, sino una simple referencia que, dentro de unos límites de error amplios, sea proporcional a ese volumen y permita una apreciación general de su "crecimiento" en términos comparativos.
- *Piel*: una vez pesada y tomadas las medidas indicadas en el apartado 4.2., se colgaba en un lugar adecuado para su secado.
- *Pezuñas y cañas*: se pesaban y dejaban secar hasta la posterior preparación de sus huesos.
- *Cabeza*: la cabeza, despellejada, se pesaba inmediatamente después de su separación del tronco, y se introducía en formol (4-5%) hasta su posterior preparación, que consistía en la extracción del cerebro para su ulterior estudio, extracción de cristalinos y preparación del cráneo para el estudio osteométrico (GARCIA-GONZALEZ, 1981a).
- *Vísceras*: del conjunto de vísceras, fueron separados sus componentes fundamentales, y pesados. Así:

Del conjunto torácico se separó el esófago y el timo, los pulmones con la tráquea, el corazón con el pericardio y restos de grasa. Posteriormente, la tráquea se separaba de los pulmones, y el corazón del pericardio junto con tejido graso adosado, al que se sumaban restos de grasa traqueal cuando existía. Todos estos órganos y tejidos se pesaron, y del esófago se midió también su longitud.

De las vísceras abdominales se separó, en el momento de eviscerar el bazo, hígado y órganos excretores (vejiga urinaria, glándulas anejas, uretra en las hembras), ... La grasa omental, o "tela" que envuelve toda la panza en los animales engrasados, fue también aislada en ese momento.

La vesícula biliar fue extraída y pesada aparte. Después, se pesaron el diafragma y órganos genitales: en el caso de los machos se pesaron por separado cada uno de los testículos y el pene, y en las hembras, se pesó juntamente todo el aparato genital: vagina, útero, ovarios, ..., separando previamente el tejido graso. En las hembras adultas se pesaron también las ubres.

Con el aparato digestivo se hicieron las siguientes operaciones: una vez pesado todo el conjunto, se separaron los estómagos del intestino. Cada uno de los estómagos fue pesado por separado, posteriormente se vaciaron y limpiaron y fueron pesados de nuevo. Por diferencia, se calculó el peso del contenido estomacal, que permite la estimación del *peso vivo vacío* (PVV). El *peso vivo vacío* (PVV) se define como el peso vivo menos el contenido del aparato digestivo.

A continuación, se hizo una estima de lo que podría ser la capacidad máxima de cada uno de los cuatro estómagos. Dicha estima se obtuvo llenando completamente de agua cada uno de los estómagos y calculando después su volumen. Quede claro que esta medida no pretende ser una valoración del volumen estomacal *real*, sino que se tomó con fines comparativos entre distintos estadios del crecimiento. Existen otras técnicas, como la de inmersión de los órganos y posterior llenado con agua a una presión determinada, que son algo más precisas, si bien todas las mediciones basadas en material *post mortem* conllevan un cierto margen de error, debido al considerable tono muscular de los estómagos (LARGE, 1964).

En cuanto a los intestinos, éstos fueron desenrollados del mesenterio que los contiene, obteniéndose tres elementos, que se pesaron por separado: el páncreas, los intestinos "suelos"⁴ y el mesenterio, con gran cantidad de grasa intestinal o mesentérica, numerosos ganglios linfáticos y toda la red vascular intestinal.

Una vez hecho esto, se obtuvieron las medidas en longitud del intestino, que fueron: longitud total, intestino delgado, grueso y ciego, así como la anchura media de este último.

⁴ Es decir, el tubo digestivo exclusivamente.

- *Canal*: Después de extraer las vísceras, se tomó el peso de la canal de la res, lo que se define como *peso de la canal caliente*. Después, colgada por los corvejones, se dejaba secar toda la noche, durante períodos de tiempo que oscilaron entre 17 y 24 horas, con una media de 19,7 horas. Al día siguiente, se pesaba de nuevo (*peso de la canal fría*) para determinar las pérdidas por oreo.

A continuación, se extraían los riñones y la grasa perirrenal, y se pesaban por separado. Finalmente, se procedía a descarnar toda la canal dejando intacto el esqueleto. Esta operación se realizó siempre por la misma persona, y se procuró extraer la cantidad máxima de carne, sin llegar a apurar hasta el límite⁵. De esta manera se obtenía una estima del peso del tejido óseo fresco, por un lado, y del tejido muscular más grasa (subcutáneo, intramuscular e intermuscular), por otro.

Los esqueletos descarnados, junto con las pezuñas y cañas respectivas, se dejaron secar al aire hasta que se dispuso del tiempo suficiente para su preparación definitiva y posterior estudio osteométrico (GARCIA-GONZALEZ, 1981b).

e) Pérdidas de peso durante la disección.

La pérdida de peso de las distintas partes y órganos durante las operaciones de disección se debe fundamentalmente a dos causas:

- Pérdidas durante la manipulación, tales como: sangre retenida en la cavidad torácica y grandes vasos, líquidos tisulares, orina, contenido acuoso del aparato digestivo, ...
- Pérdidas debidas a la evaporación.

En la Tabla 5.3. se indican las pérdidas de peso más importantes de cada uno de los individuos estudiados, ordenados desde los más jóvenes a

⁵ Con el fin de mantener un mismo criterio en todas las reses, que garantizase su comparación ulterior.

Tabla 5.3.

Pérdidas de peso por evaporación y otras causas durante la disección, expresadas como porcentaje del peso vivo (1.ª y 2.ª columna). Las pérdidas por oreo (3.ª columna) indican la pérdida de peso de la canal fría referida a la canal caliente.

N.º animal	Prim. desp.(1)	Pérd. tot.(2)	Pérd. oreo(3)
2 1/3b	3,8	4,4	
2 1/3a	3,1	4,6	
1 1/3	3,7	5	
2 2/3	2,3	2,7	7,1
1 2/3	2,1	2,8	6
21	2,2	2,8	4,2
11	1,9	2,5	4,3
22	3,2	4,1	3,5
12	1,5	2,1	3,6
23	1,8	2,2	5,4
13	2,4	2,5	2,8
24	2,1	2,8	4,5
14	0,4	1,1	3,3
25	2,4	2,9	3,7
15	1,1	1,5	3,3
26	1,2	1,5	3,5
16	1,6	2,3	2,9
28	1,7	2,4	2,5
18	0,4	0,8	3,5
210	1,1	1,6	2
110	0,2	0,7	2,7
212	0	0,2	2,4
112	0,3	0,6	2,6
01	3,4	4,7	5,4
02	2,6	2,9	3,6
M1	1,8	2,4	4,3
M2	2	2,3	3
Mf	2,2	2,5	5,7

(1) Peso vivo - Suma de las 6 partes del primer despiece/peso vivo (%).

(2) Pérdidas totales (hasta disección de la canal)/PV (en %).

(3) Canal caliente - Canal fría/Canal caliente (en %).

los adultos. Las dos primeras columnas (primer despiece y pérdidas totales) expresan el peso perdido como tanto por ciento del peso vivo (PV), mientras que la tercera columna (pérdidas por oreo) expresa la diferencia entre el peso de la canal fría y la canal caliente respecto al peso de la canal caliente, y tiene una aplicación más bien comercial.

La primera columna representa la diferencia entre la suma de las 6 partes obtenidas en el primer despiece y el peso vivo, expresado como porcentaje, la cual se debe principalmente a las causas mencionadas en primer lugar (a).

La segunda columna es la suma de todas las pérdidas habidas durante el transcurso del primer despiece y toda la disección (hasta la disección de la canal), referidas al PV, y están motivadas por las dos causas enumeradas (a y b).

Las pérdidas por oreo se deben casi exclusivamente a la evaporación. Como se sabe, ésta depende de la temperatura, y a este respecto puede decirse que, si bien, por lo general, no se hizo uso de cámara frigorífica, su empleo no se consideró necesario, debido a las condiciones del laboratorio donde se realizaron las operaciones⁶.

Por otra parte, las pérdidas por evaporación dependen también de la relación superficie/volumen, y en general, puede decirse que en los animales más jóvenes, donde esta relación es mayor, parece que son más intensas, si bien en la Tabla 5.3. no se aprecia una correlación concluyente; probablemente debido al efecto del factor temperatura. Además, en las hembras adultas, las pérdidas totales son algo altas, aunque parece que en su mayoría se deben a pérdidas de líquidos internos durante el primer despiece.

A pesar de las precauciones adoptadas, en el sentido de reducir al máximo posible el tiempo empleado en las manipulaciones, este tipo de pérdidas son prácticamente inevitables. De todas formas, como puede observarse en la Tabla 5.3., los promedios obtenidos (2,5% para las pérdidas

⁶ Estas se hicieron en la ciudad de Jaca durante el período invernal; el laboratorio carece de calefacción y normalmente se trabaja con la ventana abierta al exterior. Puede estimarse, pues, que la temperatura ambiente debía de ser inferior a los 10°C por término medio, siendo más baja durante la noche, mientras se oreaba la canal.

totales) representan valores comparables o inferiores a los obtenidos en otros estudios similares (HAMMOND, 1932; BENEVENT, 1971), y resultan totalmente aceptables para un estudio de tipo comparativo.

- f). El contenido del aparato digestivo como causa de variación del peso vivo⁷.

El peso vivo de un animal puede verse influido en gran medida por el contenido de su tracto alimentario, produciéndose variaciones considerables si su peso se determina, por ejemplo, cuando ha acabado de comer o si ha sufrido un ayuno prolongado. Así pues, la adopción del peso vivo como medida de referencia para los distintos componentes corporales (vísceras, canal, ...) puede ser origen de errores notables en los porcentajes. Por esta razón, en los estudios relacionados con los componentes orgánicos de un individuo, se adopta como referencia el peso vivo descontando el contenido del aparato digestivo, es decir, el *peso vivo vacío* (PVV).

En la Tabla 5.4. se indica, para los ejemplares aquí estudiados, el peso vivo, el peso vivo vacío y las relaciones entre ellos, expresadas como tanto por ciento. Además, se indican también las pérdidas de peso por traslado desde el aprisco hasta el laboratorio (columna 1), ya comentadas, y las pérdidas sufridas por efecto del primer despiece (columna 2).

Como ejemplo de la influencia del contenido alimentario sobre el peso vivo, pueden destacarse en la columna 1 los porcentajes anómalos correspondientes a los animales núm. 18, por exceso, y 110, por defecto, probablemente debidos a esta causa⁸. El porcentaje del ejemplar 1 2/3 (-1,1%) se debe posiblemente a diferencias en los instrumentos de pesada.

La relación entre el peso vivo vacío y el peso vivo (columna 3), a pesar de mostrar variaciones aleatorias en casos concretos o individuos aislados, cuando se habla en términos generales —o con un buen n.º de datos—, parece observar una tendencia a fluctuar según el peso del individuo. Esta

⁷ Este subapartado se complementa con la evolución del peso del contenido gástrico, cuando se estudia el crecimiento del aparato digestivo en el apartado 5.3.d.

⁸ Debido al tiempo transcurrido entre pesada en aprisco y sacrificio, y a que a esa edad los incrementos de peso son escasos en lapsos de 2 ó 10 días, las variaciones anotadas no pueden ser debidas a otra causa que a los referidos contenidos.

Tabla 5.4.

Peso en aprisco (PA), peso vivo (PV), peso vivo vacío (PVV) y suma de las seis partes obtenidas en el primer despiece de los animales sacrificados.

N.º	PA	t. desde PA (h)	PV	(1) %	Suma 1 ^{er} despiece	(2) %	PVV	(3) %
200b			1069		1049	98,1	1026	96
200a			1923		1905	99,1	1875	97,5
103			2983		2924	98	2946	98,0
2 1/3b	3400	1	3310	2,6	3185	96,2	2993	90,4
2 1/3a	5200	3	5046	3,0	4889	96,9	4950	98,1
1 1/3	5100	1	4890	4,1	4709	96,3	4763	97,4
2 2/3	6900	5	6810	1,3	6655	97,7	6624	97,3
1 2/3	7200	3	7276	-1,1	7126	97,9	7058	97
21	8400	5	8270	1,5	8085	97,8	7849	94,9
11	9600	4	9345	2,7	9164	98,1	8783	94
22	13900	4,5	13711	1,4	13273	96,8	12599	91,9
12	15700	3	15500	1,3	15269	98,5	14083	90,9
23	16700	4	16565	0,8	16272	98,2	14416	87
13	23325	3	23250	0,3	22685	97,6	21018	90,4
24	21800	2,5	21500	1,4	21057	97,9	19033	88,5

Tabla 5.4. (continuación)

Peso en aprisco (PA), peso vivo (PV), peso vivo vacío (PVV) y suma de las seis partes obtenidas en el primer despiece de los animales sacrificados.

N.º	PA	t. desde PA (h)	PV	(1) %	Suma 1ª despiece	(2) %	PVV	(3) %
14	30000	1,5	29500	1,7	29374	99,6	26225	88,9
25			24000		23413	97,6	21583	89,9
15	30025	3	29500	1,7	29177	98,9	26315	89,2
26	29500	4	29000	1,7	28646	98,8	26208	90,4
16	43100	2,5	42500	1,4	41838	98,4	36442	85,7
28	36300	25	35500	2,2	34912	98,3	33401	94,1
18	44700	240	42500	4,9	42331	99,6	39719	93,5
210	37200	4	36500	1,9	36095	98,9	33616	92,1
110	51500	51	53000	-2,9	52899	99,8	48216	91
212	35400	4	35000	1,1	34986	99,9	32806	93,7
112	54000	28	53000	1,9	52833	99,7	48331	91,2
01	39000	3	38500	1,3	37194	96,6	31955	83
02	38000	3	37500	1,3	36537	97,4	30645	81,7
M1			52500		51544	98,2	44846	85,4
M2			51000		49998	98	45264	88,8

1 Pérdidas por traslado en % del peso en aprisco.

2 % respecto PV. (Esta cifra es complementaria con la 1.ª colum. Tb. 5.3.).

3 % respecto PV. (Ver Fig. 5.2.).

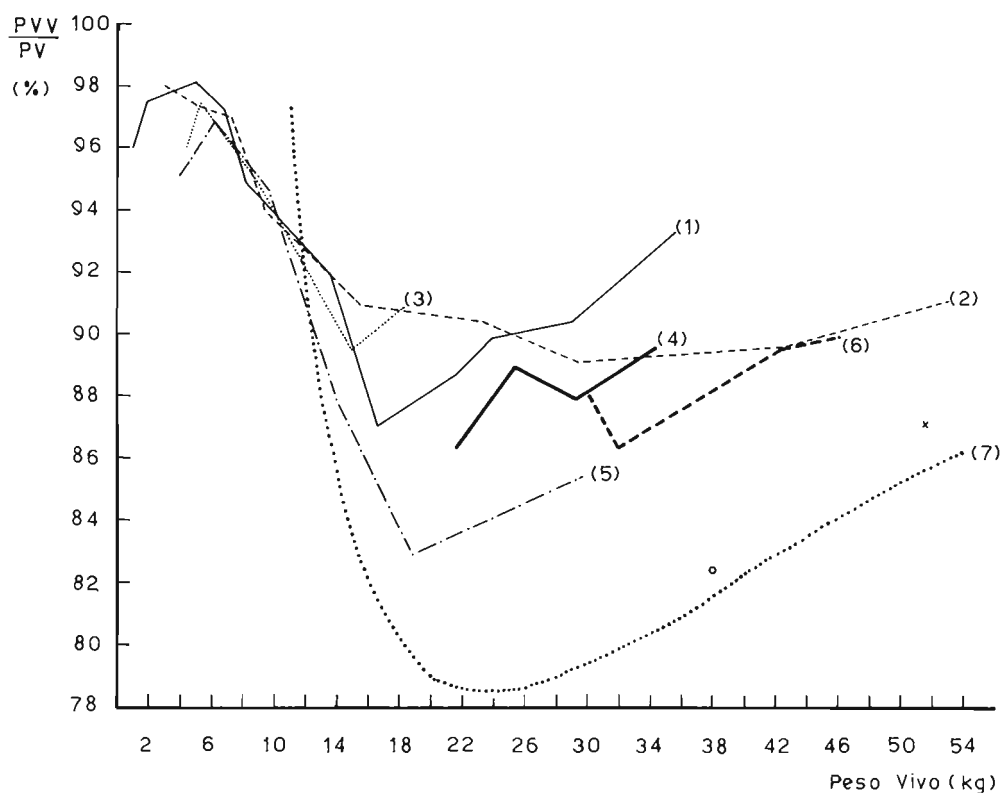


Fig. 5.2.

Variación entre la proporción del peso vivo vacío (PVV) y el peso vivo (PV) con el aumento en peso de los corderos. Datos propios y elaborados de otros autores.

circunstancia ya fue señalada por HAMMOND (1932, pág. 94), quien aseguraba que el contenido digestivo de los corderos variaba desde un mínimo en el momento del nacimiento hasta valores máximos a la edad de 5-7 meses, para volver a descender en corderos de mayor edad.

Para observar esta variación del contenido digestivo durante el crecimiento de los corderos, se ha confeccionado la Fig. 5.2., a partir de datos propios (columna 3, Tabla 5.4.) y los obtenidos en otros trabajos. Como se ve, la tendencia general consiste en:

Un alto porcentaje del PVV en relación al PV (96-98%), durante el primer mes de vida (2-8 Kg.), o lo que es igual, un contenido digestivo muy pequeño. Esto se comprende fácilmente si se tiene en cuenta que la alimentación durante este período se basa casi exclusivamente en la leche materna.

A continuación, el porcentaje del peso vivo vacío (PVV) desciende progresivamente hasta que alcanza valores mínimos, aproximadamente entre los 14-24 Kg. En este momento, el contenido digestivo es máximo, y coincidiría, según HAMMOND, con un desarrollo máximo de las vísceras digestivas. Como se verá más adelante para la muestra aquí estudiada, entre los 2 y 5 meses el desarrollo del tracto alimentario es máximo, hecho que influye a su vez en la totalidad de las vísceras.

Después de alcanzar estos valores mínimos, el porcentaje de PVV vuelve a aumentar, y consiguientemente, la proporción relativa de contenido digestivo desciende de forma menos brusca que antes. Según HAMMOND, este descenso relativo del contenido digestivo se debería a un aumento en el desarrollo de la canal, con lo que comparativamente la proporción de vísceras descendería. En mi opinión, puede deberse más bien a un desarrollo notable del tejido graso durante esa fase, no sólo en la canal, sino también de la grasa visceral (mesentérica y omental), lo cual provocaría que, manteniéndose la misma capacidad digestiva, se produjese un aumento del peso vivo, con el consiguiente descenso relativo del contenido alimenticio. Todos estos extremos se tratarán más extensamente en el análisis del crecimiento tisular, sobre todo a la luz de los resultados porcentuales.

En cuanto a la fase que estoy comentando, puede observarse también (Fig. 5.2.) que se trata del estado de crecimiento donde existen las mayores diferencias entre los distintos autores. Cabe destacar la curva teórica propuesta por REID y col. (citado por *Agricultural Research Council*, 1968, p. 329), que, ajustándose bastante bien al esquema general de los datos representados, establece porcentajes bastante más bajos durante esta última fase (la fórmula para dicha curva es: $PVV (Kg) = 19,6 + 1,17 PV - 20,9 \log PV$). Estas diferencias pueden ser debidas a varias causas; por un lado, puede existir una influencia de la raza, con las consiguientes variaciones en forma y peso que ello implica; por otro, una influencia de la dieta alimentaria sobre el contenido del aparato digestivo (*op. cit.*, p. 329), lo cual podría explicar tal vez las diferencias existentes a partir de los 16 Kg. de peso vivo. Cabe destacar que los datos propios referentes a los animales adultos—cuya dieta alimentaria ha diferido notablemente de la de los corderos—muestran un contenido digestivo grande, así como proporciones también grandes en la relación vísceras—canal. Los valores de estos adultos se sitúan en la proximidad de la curva teórica (Fig. 5.2.), sin que por el momento pueda explicitarse si es debido a la casualidad o a alguna relación real.

Por último, y en lo que se refiere a las diferencias que se observan en las curvas, puede mencionarse la influencia del procedimiento experimental seguido. Así, por ejemplo, si los datos propios alcanzan valores algo más altos que el resto en los porcentajes del PVV, puede deberse a no haber descontado el contenido del tracto intestinal. En efecto, hubiera sido deseable vaciar y limpiar el intestino para poder calcular el contenido total del aparato digestivo, y de esta manera, obtener un valor más preciso del peso vivo vacío (PVV). No pudo hacerse, debido a la cantidad de operaciones que implicaba toda la disección y respectivas pesadas, y las limitaciones lógicas impuestas por el tiempo. De todas formas, sí se hizo en tres de los individuos adultos, resultando el contenido intestinal como promedio un 14% del contenido digestivo total, y su consideración en el cálculo del peso vivo vacío representaba una variación ligera en el mismo: 2,3% como media, respecto al peso vivo (PV) (relación parecida a la obtenida por HAMMOND (1932), equivalente a 2,9% para esta última cifra, a partir de 50 mediciones).

Teniendo en cuenta que en los individuos más pesados, el contenido digestivo es mayor (LARGE, 1964), los porcentajes apuntados representarían las cifras máximas, y por tanto, la no consideración del contenido

intestinal en el cálculo del peso vivo vacío no representa una cantidad importante, sobre todo en los animales pequeños.

5.3. Resultados y discusión

En la Tabla 5.5. se expresan los pesos (en gramos) de los diversos órganos y elementos corporales obtenidos mediante la técnica de disección mencionada anteriormente. Los depósitos de tejido graso se expresado en una Tabla aparte (5.6.). En ella se indican los pesos en gramos de los principales acúmulos de grasa, excepto la grasa subcutánea e intermuscular, que no fue posible evaluar.

En primer lugar, se han realizado las regresiones necesarias para obtener los coeficientes de alometría de cada una de las partes y órganos disecados, según la ecuación alométrica $y = b \cdot x^m$, pasada a su expresión lineal.

$$\log y = m \cdot \log x + \log b$$

Como variable independiente (x), se ha tomado el peso vivo vacío (PVV) en gramos; m es el coeficiente de alometría o pendiente de la recta de regresión; e (y), el peso en gramos de cada una de las partes y órganos estudiados.

En el caso de las longitudes del esófago y del intestino, se han relacionado con la raíz cúbica del peso vivo vacío ($PVV^{1/3}$) para poder homologar los coeficientes de alometría con el de los pesos.

Los datos que figuran entre paréntesis en la Tabla 5.5. no se han tenido en cuenta para el cálculo de las regresiones, así como tampoco se han incluido los datos de los adultos ni los del muflón hembra. Los pesos entre paréntesis se refieren sobre todo a las vísceras abdominales de los individuos números 13 y 2 1/3b. En cuanto al primero, se trata de un animal que en el momento del sacrificio presentaba un proceso avanzado de enterotoxemia (basquilla) con su sintomatología típica: abundancia de sangre en el intestino, agrandamiento de la vesícula biliar, ... Como consecuencia, el peso de sangre por degüello fue anormalmente bajo, mientras

Tabla 5.5.

Pesos (gr) de los diversos órganos y elementos de la disección en los animales sacrificados. Los datos entre paréntesis no se han contabilizado en el cálculo de las regresiones; (c), individuo cornudo; (d), animal no desangrado.

	200b	200a	103	1	1	1	2	2	2	21	11	22	12	23	13	24	14(c)
				2—b 3	2—a 3	1— 3	2— 3	1— 3	2— 3								
Peso Vivo	1069	1923	2983	3310	5046	4890	6810	7276	8270	9345	13711	15500	16565	23250	21500	29500	
Ps Vivo Vacío	1026	1875	2946	2993	4950	4763	6624	7058	7849	8783	12599	14083	14416	21018	19033	26225	
Superficie (cm ²)	624	1032	1280	1124	1679	1551	2248	2086	2586	2824	3378	4644	4326	5592	4689	6064,5	
PRIMER DESPECE																	
Sangre	50	111	147	135	297	280	390	337	412	490	635	790	783	(335)	1000	1484	
Piel	175	352	369	430	661	669	897	977	930	1082	1523	1751	1857	2139	2293	3363	
Perúñas-Cañas	61	90	200	143	219	177	220	258	226	323	335	386	343	466	366	586	
Cabeza	139	201	284	243	342	327	404	454	454	568	664	726	696	859	764	1267	
Vísceras llenas	188	313	505	841	835	840	1174	1311	1756	2048	3647	4340	4970	(8052)	6841	8898	
Canal (caliente)	436	838	1419	1393	2535	2416	3570	3789	4307	4653	6469	7276	7623	10834	9793	13776	
Vísceras vacías	145	265	468	524	739	713	988	1093	1335	1486	2535	2923	2821	(5820)	4374	5653	
VISCERAS																	
V. Torácicas	51		131	104	189	156	215	189	263	278	433	474	432	646	579	669	
Diaphragma							22		32	32,5	54	63	61	95	90	145	
V. Abdom. vacías	95,5		336	420	512	478	721	825	993	1151	2015	2295	2308	(4995)	3604	4535	
Or.Reprod.+grasa						6		10	7	18	14	48	18	79	15	226	
V. TORÁCICAS																	
Pulm.+tráq.+lar.	37	51	92	73,5	102	99	126	105	132	135	202	228	218	326	297	342	

Tabla 5.5. (continuación)

Pesos (gr) de los diversos órganos y elementos de la disección en los animales sacrificados. Los datos entre paréntesis no se han contabilizado en el cálculo de las regresiones; (c), individuo cornudo; (d), animal no desangrado.

	200b	200a	103	1 2-b 3	1 2-a 3	1 2 3	2 1- 3	2 1- 3	21	11	22	12	23	13	24	14(c)
Libro lleno									10	9	19	31	48	51	50	55
Cusjar lleno						176	181		86	132	141	221	105	346	276	341
Panza vacía					17,6	25	30		74	83	165	270	312	374	294	572
Ret. vacío					3,5	7	6		19	19	31	38	62	73	62	82
Libro vacío					3,5	4	4		8	9	15	24	33	38	38	46
Cusj. vacío					49,3	53	50		45	70	68	83	69	116	86	162
Est. vacíos	17	25	50	(88)	65	74	89	90	146	181	279	415	476	601	480	862
Cont. Estom.	43	48	37	(317)	96	127	186	218	421	562	1112	1417	2149	2232	2467	3245
Vol. Panza (cm ³)										3450	4050	4270	7060	5860	9980	
Vol. Ret. (cm ³)											210	130	260	500	295	680
Vol. Libro (cm ³)											30	50	50	170	40	90
Vol. Cusjar (cm ³)											390	680	390	1300	895	1885
INTESTINOS																
Int. llenos	60	73	98	(417)	177	201	275	312	581	682	1087	1287	1095	(3460)	1680	2300
Int. sueltos				195						575	980		972		1343	1945
Long. total (m)				12,13		13,49	15,78	18,96	18,02	19,11	23,31	25,6	23,6		26,18	31,06

Tabla 5.5. (continuación)

Pesos (gr) de los diversos órganos y elementos de la disección en los animales sacrificados. Los datos entre paréntesis no se han contabilizado en el cálculo de las regresiones; (c), individuo cornudo; (d), animal no desangrado.

	103	1 2—b 3	1 2—a 3	1 2— 3	1 2— 3	2 1— 3	21	11	22	12	23	13	24	14(c)
200b	200a													
Long. Int. grueso (m)		1,52		1,86	2,15	2,60	2,39	2,77	3,48	4,4	4,27		5,06	5,66
Long. Int. delg. (m)		10,61		11,63	13,63	16,36	15,6	16,34	19,83	21,2	19,23		21,12	25,4
Long. ciego (m)		0,13		0,10	0,13	0,16	0,15	0,11	0,19	0,26	0,25		0,30	0,32
ORG. REPRODUCTORES														
Peso pene (long.cm)			1,5 (10)			5		11		25		30		70
Testículos			4			5		7		23		49		156
Matriz, ovarios, etc.							4		10		11		15	
CANAL														
Canal fría						3315	3560	4124	4454	6240	7015	7210	10536	13323
Riñones	7	13	25	32	40	36	37	49	58	54	55	70	77	117
"Carne" (Musc+grasa)				1363	2354	2544	2718	2923	3980	4910	5280	7410	6375	9615
Esc. descarnado				(1021)	(713)	(980)	1271	1344	1792	1926	1815	2653	2111	3137
Esc. seco	58	87	182	154	271,5	259	412	484	597	753	834	1053	968	1473

Tabla 5.5. (continuación)

Pesos (gr) de los diversos órganos y elementos de la disección en los animales sacrificados. Los datos entre paréntesis no se han contabilizado en el cálculo de las regresiones; (c), individuo cornudo; (d), animal no desangrado.

	25	15	26	16	28	18	210	110(c)	212	112	01	02	03(d)	M1	M2
Peso vivo	24000	29500	42500	35500	42500	36500	53000	53000	35000	53000	38500	37500	37500	52500	51000
Ps. Vivo Vacío	21583	26315	26208	36442	33401	39719	33616	48216	32806	48331	31955	30645	27581	44846	45264
Superficie (cm ²)	5362	5852	6612	6001	8232	10712	7925	10504	6947	8130	8659	8238	6342	7824	11760
PRIMER DESPIECE															
Sangre	957	1421	1194	1811	1551	1712	1440	2144	1303	1958	2475	2016		2265	2633
Piel	2480	3413	3280	5054	4153	5527	4762	7290	4355	7239	3260	3765	2660	5407	4738
Pezuñas-Cañas	432	553	533	784	584	684	626	916	528	916	665	648	541	964	959
Cabeza	882	1154	1024	1480	1123	2519	1226	3097	1196	1650	1740	1489	1594	1995	2705
Vísceras llenas	6662	8808	7132	13000	8275	10389	10041	14281	8646	14382	15040	14596	18043	17413	16288
Canal caliente	12000	13828	15483	19709	19226	21500	18000	25171	18958	26688	14000	14023	14260	23500	22675
Vísceras vacías	4245	5623	4340	6942	6176	7608	7157	9497	6452	9713	8495	7741	8124	9759	10552
VISCERAS															
V. Torácicas	655	827	623	838	793	919	862	1331	871	1075	1962	1153	2108	1394	2480
Diafragma	104	131	131	160	156	186	158	206	172	213	212	170	151	287	280
V. Abdom. vacías	3365	4404	3501	5459	5095	6169	6073	7522	5376	8032	5643	6131	5234	7367	7248
Org. rep. con grasa	33	204	13	332	44	334	28	422	27	385	449	287	631	711	544
V. TORÁCICAS															
Pum. + tráq. + lar	325	437	290		336	468	379	642	374	556	1334	747	1292	923	1958
Pulmones	252	361	222			387	300	516	280		1202	647		785	1815
Tráq. + lar	71	76	68			81	79	127	94		132	100		138	143

Tabla 5.5. (continuación)

Pesos (gr) de los diversos órganos y elementos de la disección en los animales sacrificados. Los datos entre paréntesis no se han contabilizado en el cálculo de las regresiones; (c), individuo cornudo; (d), animal no desangrado.

	25	15	26	16	28	18	210	110(c)	212	112	01	02	03(d)	M1	M2
Coraz.+per.+grasa	187	223	236		237	302	350	386	332	394	477	295	469	367	309
Corazón	142	152	132		157	175	170	251	167	201	321	179	363	227	227
Pericardio+grasa	44	71	104		232	127	180	136	165	193	156	116	103	140	82
Timo	96	113	55	86	34	67	54	177	93	60	44	25		27	58
Esófago	31	29	31		34	39	36	51	38	44	66	61	68	63	80
Long.esof(cm)	39	35	37			35,5	37		40,5	41	50	46	48	46	46,5
V. ABDOMINALES															
Est. vac. + Int	2317	2856	2171	3678	2673	3889	3129	4685	3119	3739	4114	4306	3343	5108	5056
Hígado	439	703	429	696	512	627	544	870	393	608	731	801	808	965	1008
Vísc. biliar	28	11	23	21	28	29	31	24	12	15	18		33		
Bazo	50	72	58	69	72	70	77	93	77	89	350	120	88	228	203
Vejiga urin.	10	22	7	23	8	22	10	(44)	8	22	13	16		36	44
Páncreas	32	28	36	42			36	53	26	42	67	55		70	76
ESTOMAGOS															
Panza llena	2679	3386	2755	6267		3244	3137	4591	2381	4976	6666	7374		8336	6235
Retículo lleno	82	241	197	170		166	285	417	97	216	227	272		220	318
Libro lleno	62	94	70	137		153	111	185	60	120	237	251		158	290
Cuajar lleno	239	323	303	420		257	192	570	304	283	498	284		594	296
Panza vacía	434	584	357	591	391	598	504	598	418	574	647	820	709	1000	825

Tabla 5.5. (continuación)

Pesos (gr) de los diversos órganos y elementos de la disección en los animales sacrificados. Los datos entre paréntesis no se han contabilizado en el cálculo de las regresiones; (c), individuo cornudo; (d), animal no desangrado.

	25	15	26	16	28	18	210	110(c)	212	112	01	02	03(d)	M1	M2
Retículo vacío	68	96	65	113	74	118	107	128	83	114	155	157	152	189	168
Libro vacío	43	52	37	88	57	79	94	93	40	83	91	131	93	128	125
Cuajar vacío	110	119	76	151	104	194	136	166	111	155	207	233	180	371	258
Estómagos vacíos	655	860	535	943	626	989	841	985	652	926	1100	1341	1134	1688	1376
Cont. Estom.	2417	3185	2792	6058	2099	2781	2884	4784	2194	4669	6545	6855	9919	7654	5736
Vol. Panza (cm ³)	6440	7200	7705	13120		12400	8420	11750	6537	10640	17520	18130		15850	
Vol. Retículo (cm ³)	160	630	610	735		760	850	1230	300	963	970	1090		1600	
Vol. Libro (cm ³)	50	97,5	95	100		200	100	280	55	220	300	280		200	
Vol. Cuajar (cm ³)	500	1510	1165	2625		820	600	1930	1050	1563	1730	1830		2220	
INTESTINOS															
Int. llenos	1662	1996	1636	2735	2047	2900	2288	3700	2467	2813	3014	2965	2209	3420	3680
Int. sueltos	1367	1655	1215	2128			1427	2818	1551	1915	2684	2518		2716	2963
Long. total (m)	27,54	32,62	24,40	32,06	23,19		27,95	32,0	25,4	32,77	33,46	35,12		35,28	43,08
Long. Int. grueso (m)	6,11	5,58	4,15	6,50	5,78	6,41	6,44	6,84	5,78	7,29	7,78	5,91		7,84	9,56
Long. Int. delgado (m)	21,43	27,04	20,25	25,56	17,41		21,55	25,16	19,62	25,48	25,68	29,21		27,44	33,52
Long. ciego (m)	0,33	0,26	0,32	0,33	0,25	0,27	0,37	0,45	0,32	0,29	0,40	0,43		0,47	0,5
ORGANOS REPRODUCTORES															
Peso pene (long. cm)		60(36)		88		67		82	87(44)					111(43)	106(49)
Testículos		144		244		267		340	295					559	438
Matriz, ov. + grasa	17		13		26,5		28		27		171	81	177		
CANAL															
Canal fría	11559	13365	14945	19145	18750	20750	17635	24500	18500	26000	13250	13523	13725	22500	22000
Riñones	80	100	68	100	90	105	85	122	77	98	153	125	142	125	165
"Carne" (Musc+grasa)	8210	9641	11210	14355	13200	15881	12850	18365	13736	19782	8738	9742	9400	16234	15381
Esc. descarnado	2711	3148	2765	4050	3132	4036	3177	5350	2951	4551	4216	3247	3634	5397	5760
Esc. seco	1150	1420	1539	2070	1854	2993	1904	3580	1711	2529	2206	1788		3042	3870

Tabla 5.6.

Pesos (en gr) de los principales depósitos de tejido graso (los datos entre paréntesis han sido calculados por extrapolación).

	Omental	Mesent.	Peri- rrenal	Aparato urogen.	Vis. Tor. (Per+grs)	Total
2 1/3a	34					34
1 1/3	21					21
2 2/3	42		106			148
1 2/3	88					88
21	76	(52)	90	6		224
11	73	(72)	61			206
22	191	96	370	7	23	687
12	185	(116)	86		27,5	414,5
23	286	98	180	13	45	622
13	445		403		50	898
24	866	302	775	8	67	2018
14	624	295	431	10	75	1435
25	511	253	478	38	44	1324
15	668	305	409	30	71	1483
26	801	379	853		104	2119
16	806	550	578			1934
28	1701	(596)	1210		232	3739
18	1412	(595)	648		127	2782
210	2171	801	1463		180	4615
110	1612	802	785		136	3335
212	1682	867	1608	14	165	4336
112	3363	833	1528		193	5917
01	184	255	86	41	156	722
02	614	369	409	20	116	1528
03	962		421	26	103	1512
M1	759	578	640		140	2117
M2	725	619	551	27	82	2004
Mf	75	81	34	3	25	218

Tabla 5.7.

Parámetros más importantes de las rectas de alometría respecto al PVV ($\log y = \log PVV + \log b$).
 $S^2_{y,x}$, varianza residual; S_m , error de la pendiente; t_1 , significación respecto de la isometría; h, hembra; m, macho.

Var. dependiente	n	r	m	log b	$S^2_{y,x} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	$t_1 \supseteq m-1/S_m$	Nivel signif.
PRIMER DESPIECE								
Superficie (h-m)	26	0,9894	0,7310	0,5609	2548	219	12,300	+++
Superficie (h)	14	0,9955	0,7313	0,5653	1257	200	13,420	+++
Superficie (m)	12	0,9786	0,7403	0,5151	4495	492	5,277	+++
PRIMER DESPIECE								
Sangre (h-m)	25	0,9940	0,9437	-1,0709	2320	210	2,686	+
Sangre (h)	14	0,9946	0,9413	-1,0693	2500	282	2,079	n.s.
Sangre (m)	11	0,9935	0,9346	-1,0226	2363	358	1,828	n.s.
Piel (h-m)	26	0,9938	0,9558	-0,6940	2555	219	2,019	n.s.
Piel (h)	14	0,9957	0,9101	-0,5120	1856	243	3,695	++
Piel (m)	12	0,9945	1,0314	-1,0127	2187	343	0,370	n.s.
Pezuñas + Cañas (h-m)	26	0,9819	0,6321	-0,0546	3300	249	14,790	+++
Pezuñas + Cañas (h)	14	0,9922	0,6234	-0,0519	1612	227	16,610	+++
Pezuñas + Cañas (m)	12	0,9809	0,5915	0,1547	2557	371	11,000	+++
Cabeza (h-m) (todos)	26	0,9722	0,7021	-0,0394	6350	345	8,630	+++
Cabeza menos cornudos	23	0,9949	0,6399	0,1911	914	141	25,49	+++
Cabeza (h)	14	0,9980	0,6238	0,2427	399	113	33,3	+++

Tabla 5.7. (continuación)

Parámetros más importantes de las rectas de alometría respecto al PVV ($\log y = \log PVV + \log b$).

$S^2_{y,x}$, varianza residual; S_m , error de la pendiente; t_1 , significación respecto de la isometría; h, hembra; m, macho.

Var. dependiente	n	r	m	log b	$S^2_{y,x} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	$t_1 = m - 1/S_m$	Nivel signif.
Cabeza (m) menos cornu.	9	0,9941	0,6614	0,1224	1018	273	12,420	+++
Cabeza (m) sólo cornu.	3	0,9956	1,4974	-3,5068	732	1416	3,513	n.s.
Cerebro (h-m) (p. formol)	22	0,9621	0,2372	0,9626	553	150	15,800	+++ (a)
Cerebro (h)	11	0,9672	0,2558	0,8871	578	224	11,400	+++ (a)
Cerebro (m)	11	0,9605	0,2220	1,0254	562	214	10,350	+++ (a)
Vísceras llenas (h-m)	26	0,9895	1,1857	-1,3519	6693	354	5,241	+++
Canal caliente (h-m)	26	0,9992	1,0555	-0,5096	403	87	6,381	+++
Canal caliente (h)	14	0,9994	1,0772	-0,5921	389	111	6,930	+++
Canal caliente (m)	12	0,9997	1,0269	-0,3942	133	85	3,179	++
Can. cal. sin riñ+grs.	24	0,9990	1,0423	-0,4742	483	101	4,176	+++
Vísceras vacías (h-m)	25	0,9971	1,1053	-1,1751	1613	175	6,026	+++
Vísceras vacías (h)	14	0,9967	1,1056	-1,1740	2094	258	4,086	++
Vísceras vacías (m)	11	0,9974	1,1086	-1,1916	1310	266	4,078	
VISCERAS								
Vis Torácicas (h-m)	25	0,9928	0,8267	-0,8047	1988	208	8,34	+++
Vis Torácicas (h)	13	0,9961	0,8222	-0,7849	1236	220	8,1	+++
Vis Torácicas (m)	12	0,9879	0,8348	-0,8408	3188	414	3,896	++

(a): respecto $t_0 = m/S_m$

Tabla 5.7. (continuación)

Parámetros más importantes de las rectas de alometría respecto al PVV ($\log y = \log PVV + \log b$).

S^2_{yx} , varianza residual; S_m , error de la pendiente; t_1 , significación respecto de la isometría; h, hembra; m, macho.

Var. dependiente	n	r	m	log b	$S^2_{y,x} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	$t_1 = m-1/S_m$	Nivel signif.
ORG. SEXUALES								
Diafragma (h-m)	19	0,9912	1,1254	-2,8903	1632	365	3,437	++
Diafragma (h)	10	0,9962	1,1932	-3,1719	804	366	5,272	+++
Diafragma (m)	9	0,9865	1,0681	-2,6453	2254	671	1,016	n.s.
Vis. abdom. vac. (h-m)	24	0,9950	1,1552	-1,4906	2814	248	6,260	+++
Vis. abdom. vac. (h)	13	0,9940	1,1597	-1,4998	3819	386	4,140	++
Vis. abdom. vac. (m)	11	0,9965	1,1595	-1,5191	1947	325	4,913	+++
ORG. SEXUALES								
Org. Sex. (h) (sin grasa)	9	0,9545	1,1717	-3,8821	7420	1384	1,240	n.s.
Org. Sex. (m) (sin grasa)	11	0,9910	1,9312	-6,3483	9241	870	10,710	+++
Testículos	11	0,9847	2,0912	-7,2539	18593	1234	8,850	+++
Pene	11	0,9625	1,6199	-5,5089	28272	1521	4,075	++
VIS. TORACICAS								
Pulm. + tráq. + lar. (h-m)	25	0,9870	0,7119	-0,6108	2981	241	11,936	+++
Pulm + tráq. + lar. (h)	14	0,9951	0,6785	-0,4909	1184	194	16,540	+++

Tabla 5.7. (continuación)

Parámetros más importantes de las rectas de alometría respecto al PVV ($\log y = \log PVV + \log b$).

S^2_{yx} , variancia residual; S_m , error de la pendiente; t_1 , significación respecto de la isometría; h, hembra; m, macho.

Var. dependiente	n	r	m	log b	$S^2_{yx} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	$t_1 = m-1/S_m$	Nivel signif.
Pulm + tráq. + lar. (m)	11	0,9791	0,7498	-0,7520	4680	519	4,820	+++
Pulmones (h-m)	14	0,9399	0,7688	-0,9501	3620	807	2,867	+
Pulmones (h)	7	0,9219	0,5061	0,1701	1498	951	5,192	++
Pulmones (m)	7	0,9741	0,8714	-1,3798	3171	904	1,422	n.s.
Tráq. + lar. (h-m)	14	0,9340	0,9502	-2,3463	6132	1050	0,470	n.s.
Cor + per + grasa (h-m)	25	0,9881	0,9051	-1,6560	4419	294	3,230	++
Cor + per + grasa (h)	14	0,9898	0,9032	-1,6364	4405	375	2,580	+
Cor + per + grasa (m)	11	0,9858	0,9277	-1,7662	4820	527	1,370	n.s.
Corazón (h-m)	25	0,9897	0,6964	-0,9229	2257	210	14,450	+++
Corazón (h)	14	0,9941	0,6949	-0,9208	1493	218	13,980	+++
Corazón (m)	11	0,9805	0,6927	-0,9020	3716	463	6,640	+++
Esófago (h-m)	16	0,9668	0,6913	-1,5565	1738	488	6,320	+++
Timo (m) (hasta el 15)	7	0,8404	0,8224	-1,5797	29305	2372	0,750	n.s.
Timo (h) (hasta el 25)	7	0,8770	0,5379	-0,4137	6078	1318	3,506	+
VIS. ABDOMINALES								
Est. vac. + Int. (h-m)	24	0,9913	1,1109	-1,5029	4844	315	3,518	++
Est. vac. + Int. (h)	13	0,9928	1,1175	-1,5341	4700	407	2,887	+
Est. vac. + Int. (m)	11	0,9881	1,0952	-1,4315	5973	569	1,670	n.s.
Hígado (h-m)	25	0,9743	0,7948	-0,8346	5983	383	5,360	+++

Tabla 5.7. (continuación)

Parámetros más importantes de las rectas de alometría respecto al PVV ($\log y = \log PVV + \log b$).
 $S^2_{y,x}$, varianza residual; S_m , error de la pendiente; t_1 , significación respecto de la isometría; h, hembra; m, macho.

Var. dependiente	n	r	m	log b	$S^2_{y,x} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	$t_1 = m \cdot 1/S_m$	Nivel • signif.
Hígado (h)	13	0,9711	0,7612	-0,7066	6617	564	4,230	++
Hígado (m)	12	0,9774	0,8227	-0,9425	5877	563	3,151	+
Bazo (h-m)	24	0,9676	0,8913	-2,1627	8064	496	2,191	+
Bazo (h)	12	0,9549	0,8788	-2,0694	10273	864	1,400	n.s.
Bazo (m)	12	0,9903	0,9236	-2,3411	3119	410	1,860	n.s.
Páncreas (h-m)	18	0,9509	1,0243	-3,0639	11439	833	0,300	n.s.
Páncreas (h)	9	0,9356	1,1399	-3,5505	13750	1626	0,860	n.s.
Páncreas (m)	9	0,9657	0,9714	-2,8402	10942	988	0,350	n.s.
Riñones (h-m)	24	0,9709	0,6525	-0,9622	5535	343	10,100	+++
Riñones (h-m) (sin 200b)	23	0,9660	0,5965	-0,7205	4670	349	11,570	+++
Riñones (h-m) (sin 200a,")	22	0,9584	0,5497	-0,5164	3276	366	12,310	+++
Riñones (h) (sin 200b)	12	0,9719	0,5914	-0,7159	3940	453	9,020	+++
Riñones (m)	11	0,9554	0,5735	-0,6032	4271	591	7,210	+++
ESTOMAGOS								
Est. llenos (h-m)	25	0,9715	1,4211	-2,7726	25681	723	5,826	+++
Est. vacíos (h-m)	25	0,9812	1,1751	-2,4005	11440	482	3,630	++
Est. vacíos (h)	13	0,9838	1,1644	-2,3654	11622	640	2,569	+

Tabla 5.7. (continuación)
Parámetros más importantes de las rectas de alometría respecto al PVV ($\log y = \log PVV + \log b$).
 $S^2_{y,x}$, varianza residual; S_m , error de la pendiente; t_1 , significación respecto de la isometría; h, hembra; m, macho.

Var. dependiente	n	r	m	log b	$S^2_{y,x} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	$t_1 = m-1/S_m$	Nivel signif.
Est. vacíos (m)	12	0,9752	1,1803	-2,4131	13293	846	2,130	n.s.
Panza vacía (h-m)	21	0,9327	1,5155	-4,1146	33061	1344	3,836	++
Retículo vacío (h-m)	21	0,9447	1,4376	-4,4915	24009	1145	3,820	++
Libro vacío (h-m)	21	0,9667	1,5003	-4,9701	15206	911	5,490	+++
Cuajar vacío (h-m)	21	0,9161	0,5851	-0,5290	6321	588	7,060	+++
Cont. Estm. (h-m)	24	0,9596	1,4404	-2,9851	36126	900	4,890	+++
Vol. Panza (h-m)	15	0,9161	0,8770	-0,0027	5570	1065	1,150	n.s.
Vol. Retíc. (h-m)	15	0,8358	1,3437	-3,2698	29430	2448	1,400	n.s.
Vol. Libro (h-m)	15	0,8076	1,2256	-3,5950	31772	2543	1,010	n.s.
Vol. Cuajar (h-m)	15	0,6680	0,9202	-1,0652	39701	2848	0,280	n.s.
INTESTINOS								
Intest. (lentos) (h-m)	25	0,9921	1,0846	-1,5081	4295	285	2,970	++
Intest. (lentos) (h)	14	0,9932	1,0900	-1,5320	4278	369	2,436	+
Intest. (lentos) (m)	11	0,9891	1,0713	-1,4489	5205	531	1,340	n.s.
Intest. sueltos (h-m)	14	0,9620	0,8508	-0,5860	6626	697	2,140	n.s.
Total Intestino (h-m)	20	0,9270	1,0163	-0,0617	2405	969	0,170	n.s.
Intest. grueso (h-m)	21	0,9727	1,7296	-1,8209	2429	946	7,710	+++

Tabla 5.7. (continuación)

Parámetros más importantes de las rectas de alometría respecto al PVV ($\log y = \log PVV + \log b$).
 $S^2_{y,x}$, varianza residual; S_m , error de la pendiente; t_1 , significación respecto de la isometría; h, hembra; m, macho.

Var. dependiente	n	r	m	log b	$S^2_{y,x} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	$t_1 = m-1/S_m$	Nivel signif.
GRASAS								
Intest. delgado (h-m)	20	0,8822	0,8640	0,0658	3028	1087	1,250	n.s.
Ciego (h-m)	21	0,8888	1,4248	-0,6471	7702	1685	2,520	+
Esófago (h-m)	15	0,8634	0,9080	0,2095	2249	1472	0,600	n.s.
Esófago (h)	8	0,7946	0,8436	0,3250	2568	2631	0,590	n.s.
Esófago (m)	7	0,9723	0,9835	0,0738	738	1057	0,160	n.s.
GRASAS								
Total (h-m)	22	0,9604	2,0970	-6,0389	39890	1360	8,070	+++
Total (h)	11	0,9813	2,2682	-6,6205	19451	1481	8,560	+++
Total (m)	11	0,9841	2,0908	-6,1511	19285	1256	8,680	+++
Omental (Estóm.) (h-m)	22	0,9752	1,9580	-5,7568	21283	993	9,650	+++
Omental (Estóm.) (h)	11	0,9877	2,1660	-6,5546	11581	1143	10,200	+++
Omental (Estóm.) (m)	11	0,9837	1,8727	-5,4673	15918	1141	7,650	+++
Int. (mesentérica) (h-m)	17	0,9675	1,6195	-4,6003	11281	1092	5,670	+++
Int. (mesentérica) (h)	9	0,9762	1,9393	-5,9316	10251	1627	5,774	+++
Int. (mesentérica) (m)	8	0,9964	1,4728	-4,0011	1269	509	9,295	+++
Perirrenal (h-m)	19	0,8670	1,4799	-3,7846	52147	2063	2,326	+
Perirrenal (h)	10	0,9554	1,7130	-4,6180	20980	1872	3,809	++

Tabla 5.7. (continuación)

*Parámetros más importantes de las rectas de alometría respecto al PVV ($\log y = \log PVV + \log b$).
 $S^2_{y,x}$, varianza residual; S_m , error de la pendiente; t_1 , significación respecto de la isometría; h, hembra; m, macho.*

Var. dependiente	n	r	m	log b	$S^2_{y,x} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	$t_1 = m-1/S_m$	Nivel signif.
Perirrenal (m)	9	0,9602	1,7176	-5,0118	17856	1888	3,802	++
Pericardio + grasa (h-m)	15	0,8998	1,5217	-4,7941	20144	2046	2,550	+
Pericardio + grasa (h)	8	0,9477	1,9981	-6,7884	14891	2748	3,633	+
Pericardio + grasa (m)	7	0,9868	1,4292	-4,4733	2611	1047	4,098	++
Vís. Tor. + Ap. Urog. (h-m)	16	0,9150	1,6761	-5,4425	28443	1975	3,423	++
Vís. Tor. + Ap. Urog. (h)	9	0,9698	2,1592	-7,4417	16310	2052	5,650	++
Vís. Tor. + Ap. Urog. (m)	7	0,9603	1,3871	-4,2527	7735	1803	2,148	n.s.
Visceral (h-m)	22	0,9758	2,0885	-6,1527	23657	1047	10,400	+++
Visceral (h)	11	0,9873	2,3304	-7,0840	13853	1250	10,600	+++
Visceral (m) [*]	11	0,9885	1,9876	-5,7970	12558	1014	9,700	+++
CANAL								
Canal fría (h-m)	20	0,9982	1,0331	-0,4276	311	146	2,261	+
Canal fría sin riñ+grs.	20	0,9981	1,0295	-0,4359	318	148	1,990	n.s.
Esq. descarnado (h-m)	18	0,9787	0,7207	0,2841	1351	378	7,400	+++
Esq. descarnado (h)	9	0,9855	0,6150	0,7167	621	401	9,600	+++

Tabla 5.7. (continuación)

*Parámetros más importantes de las rectas de alometría respecto al PVV ($\log y = \log PVV + \log b$).
 S^2_{yx} : varianza residual; S_m : error de la pendiente; t_1 : significación respecto de la isometría; h, hembra; m, macho.*

Var. dependiente	n	r	m	log b	$S^2_{y.x} \cdot 10^{-6}$	$S_m \cdot 10^{-4}$	$t_1 = m-1/S_m$	Nivel signif.
Esq. descarnado (m)	9	0,9945	0,7561	0,1503	452	300	8,100	+++
Esq. descarnado seco (h-m)	18	0,9942	0,9149	-0,7834	1004	248	3,440	++
Esq. seco sin cab+pat (h-m)	26	0,9946	1,0359	-1,5463	2595	221	1,630	n.s.
Esq. seco (entero) (h-m)	26	0,9946	1,0216	-1,3319	2392	212	1,020	n.s.
Esq. seco (entero) (h)	14	0,9976	1,0126	-1,3091	1293	203	0,620	n.s.
Esq. seco (entero) (m)	12	0,9907	1,0138	-1,2835	3615	441	0,300	n.s.
"Carne" (musc + grasa) (h-m)	21	0,9968	1,1063	-0,8915	757	203	5,230	+++
"Carne" (musc + grasa) (h)	10	0,9941	1,1081	-0,8911	1093	427	2,530	+
"Carne" (musc + grasa) (m)	11	0,9985	1,1083	-0,9073	492	201	5,400	+++
Vís. vac. sin grasa (h-m)	25	0,9901	0,9600	-0,6712	4254	284	1,410	n.s.
Volumen total estóm. (h-m)	15	0,9123	0,9140	-0,0792	6360	1138	0,760	n.s.
Carne (y) - hueso (x)	21	0,9575	1,3619	-0,7329	9879	941		
Vol. Tot. Est. (y)-								
-Ps. Est. (x)	18	0,9367	1,0617	0,9647	6269	992		

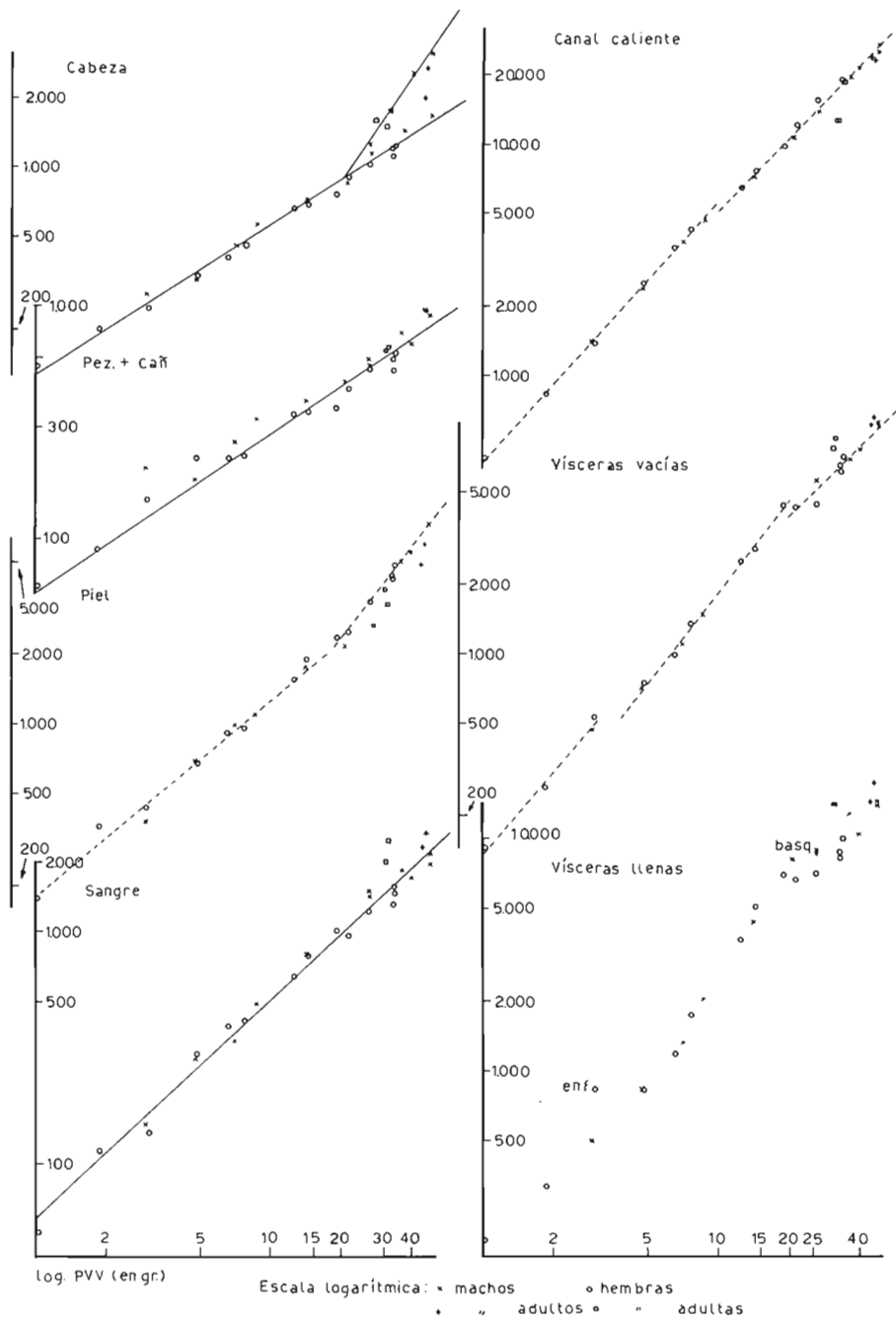


Fig. 5.3.1.

Evolución de los componentes del primer despiece respecto al PVV.

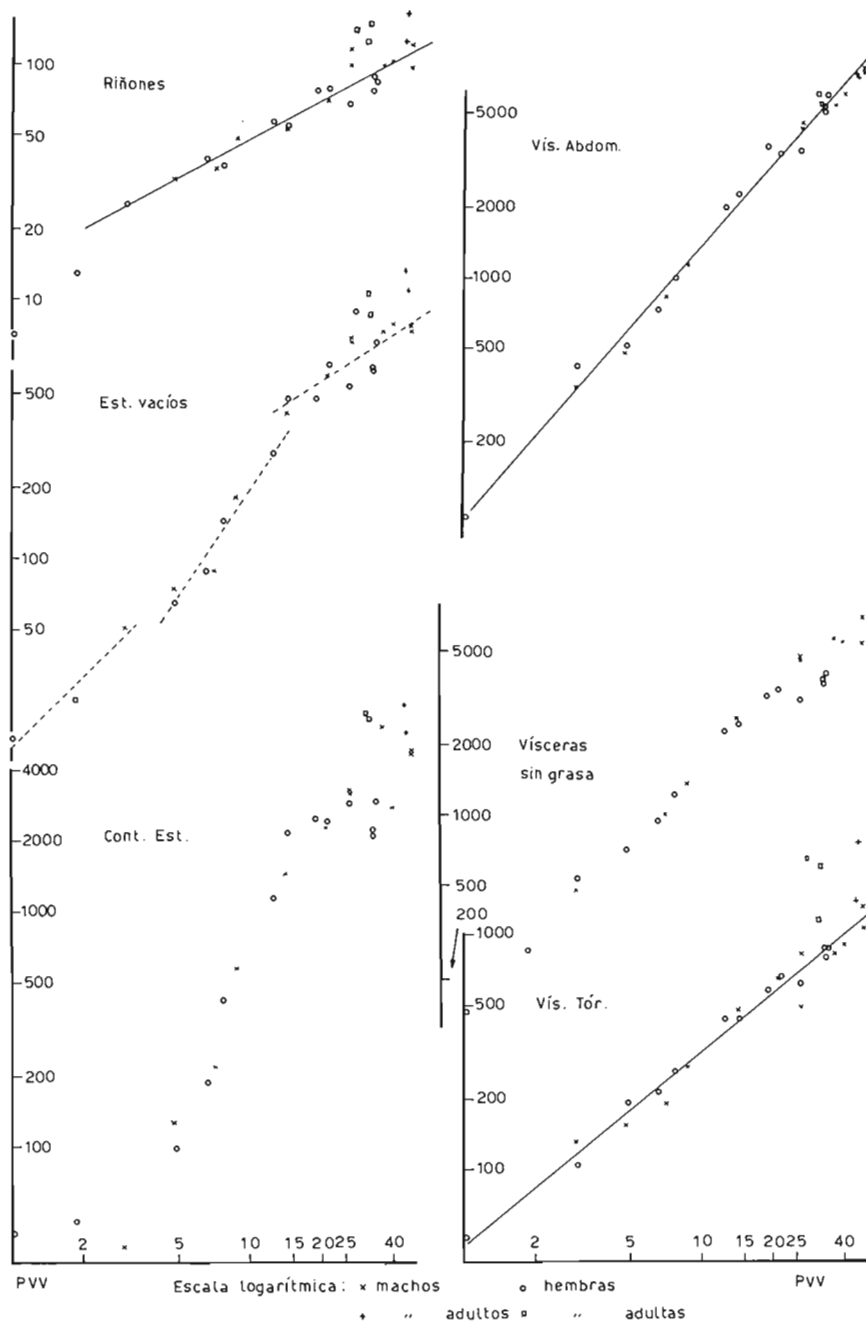


Fig. 5.3.2.

Evolución de algunos órganos y elementos corporales con el PVV.

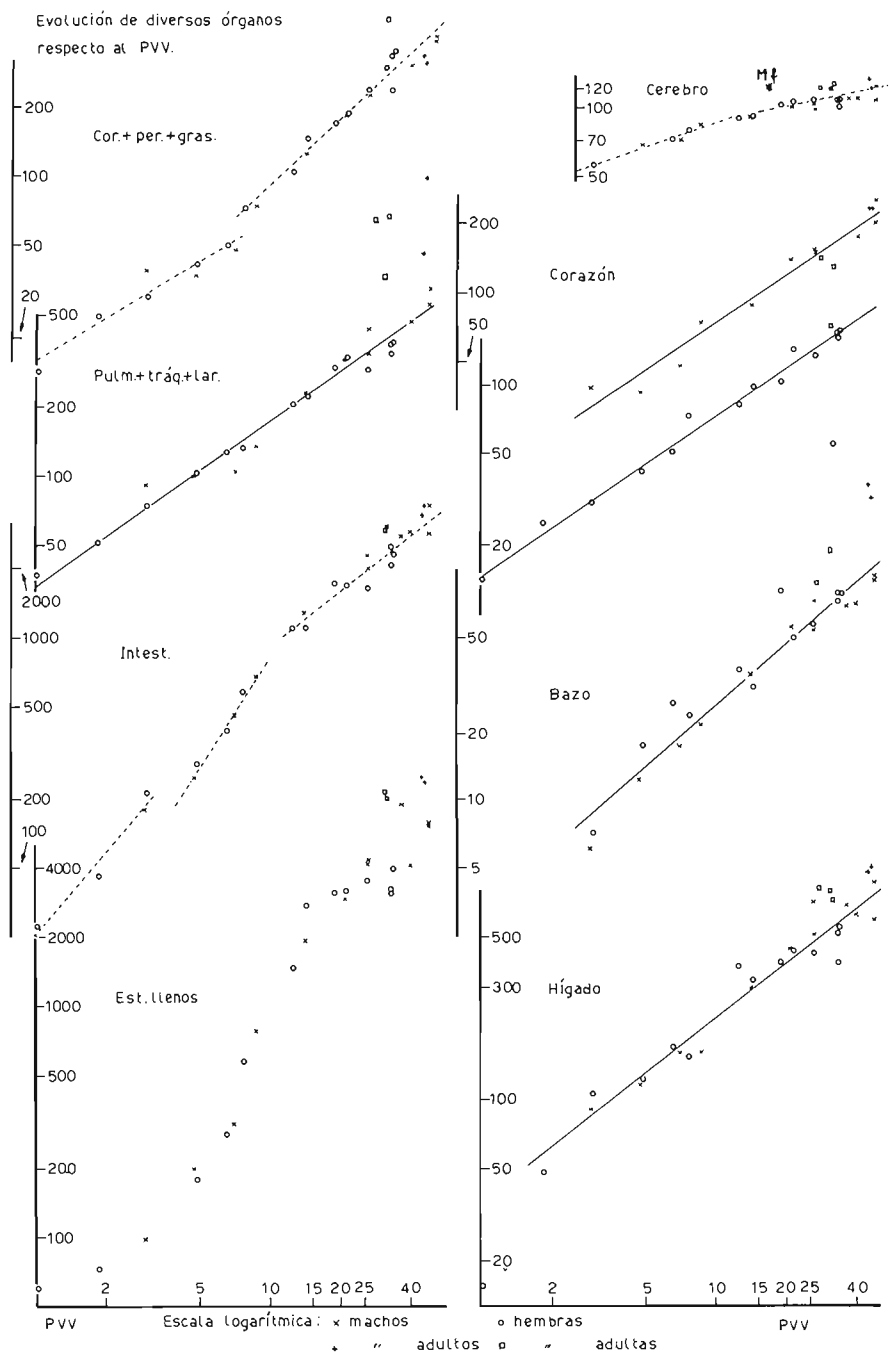


Fig. 5.3.3.

Evolución de diversos órganos respecto al PVV.

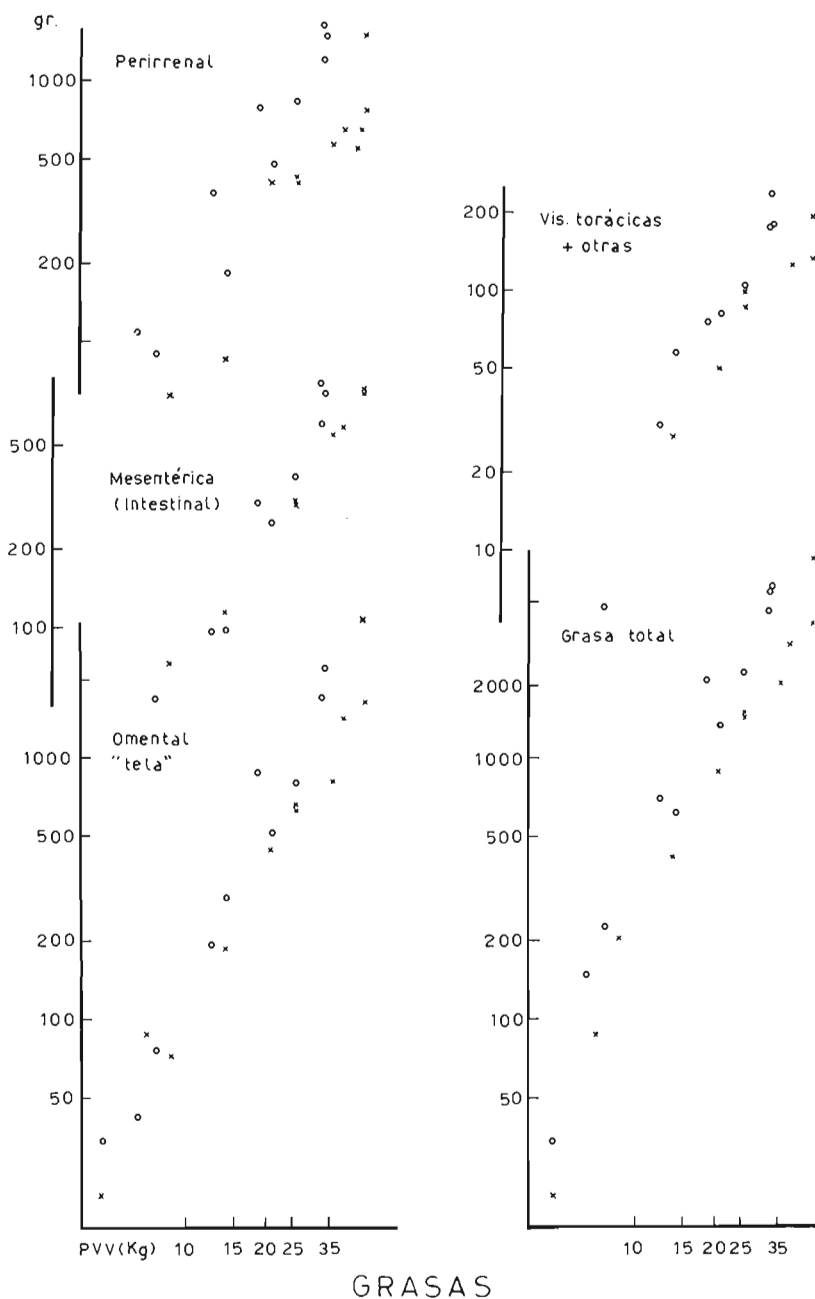


Fig. 5.3.4.

Relación entre los tejidos grasos y el peso vivo vacío, según el sexo y lugar de deposición. (Escala logarítmica).

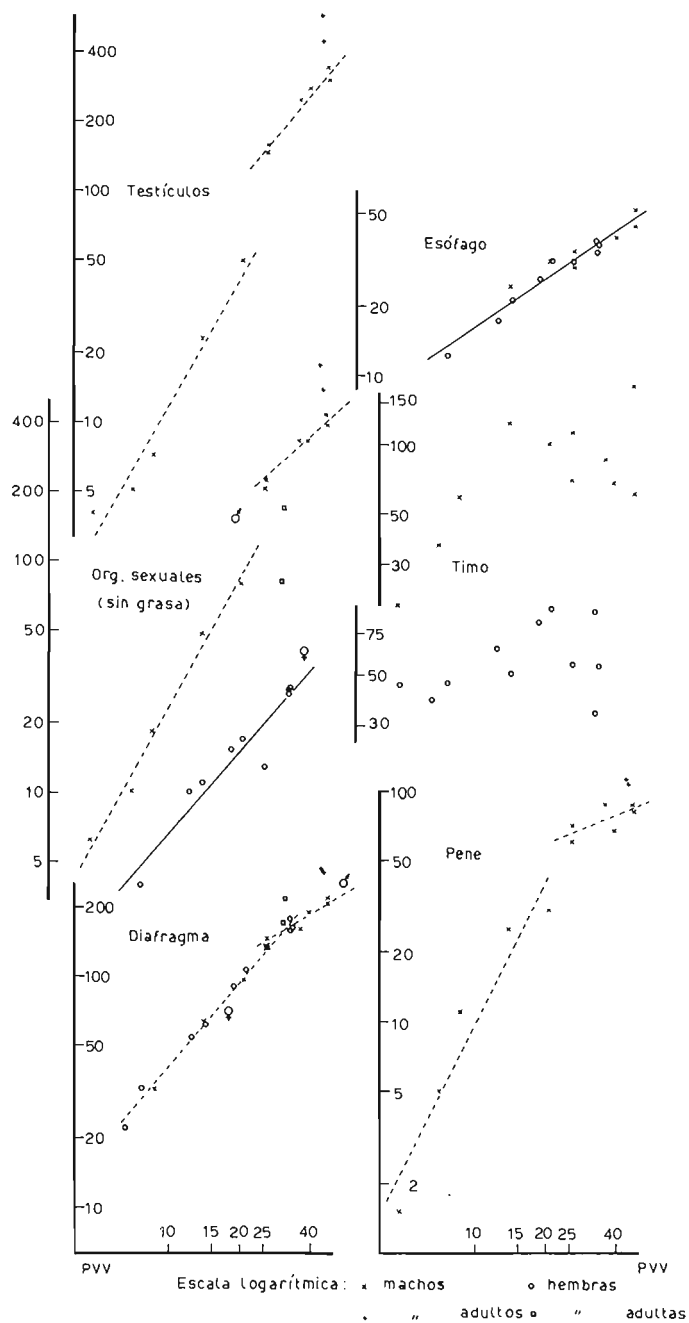


Fig. 5.3.5.

Evolución de los órganos sexuales, timo y esófago.

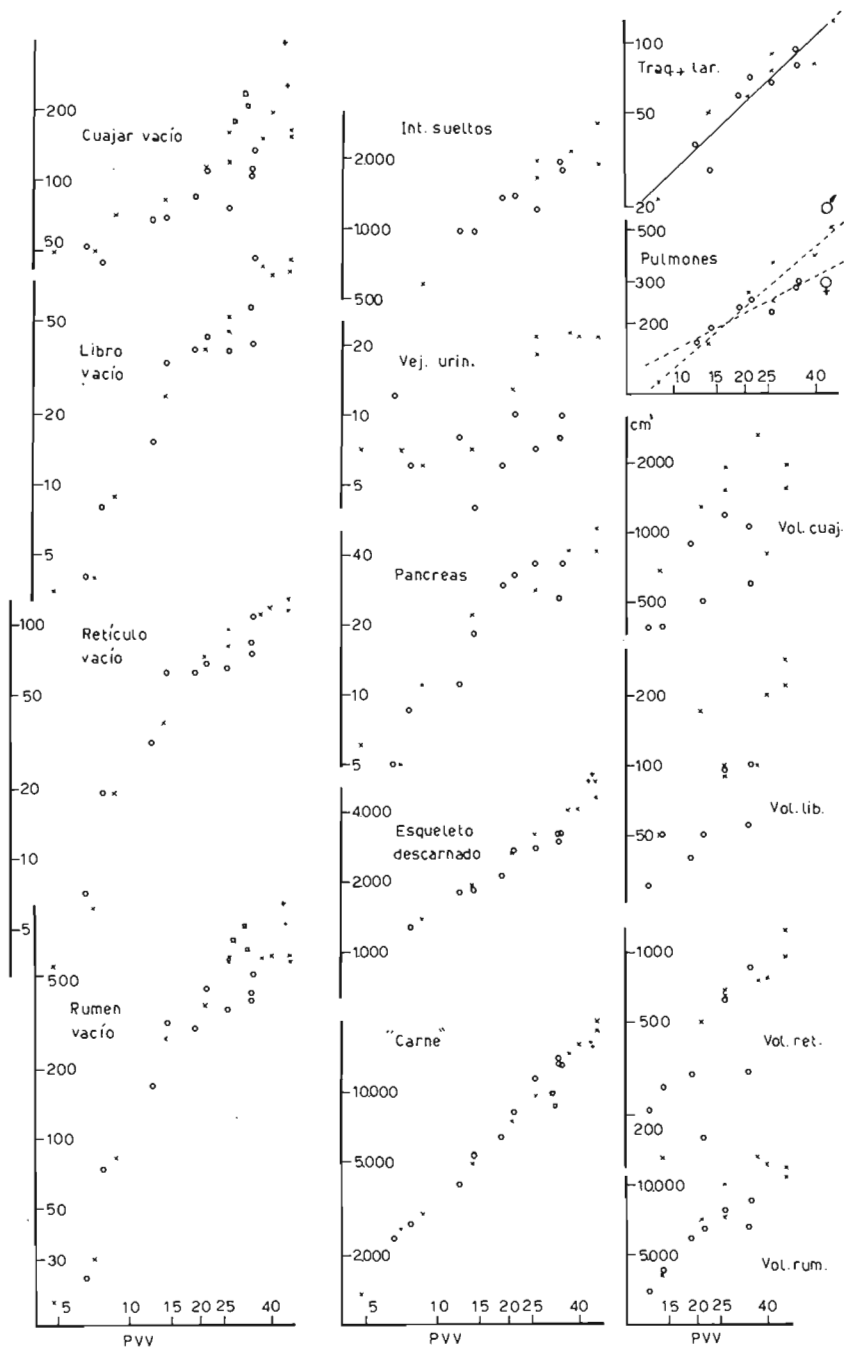


Fig. 5.3.6.

Evolución del aparato digestivo y diversos órganos.

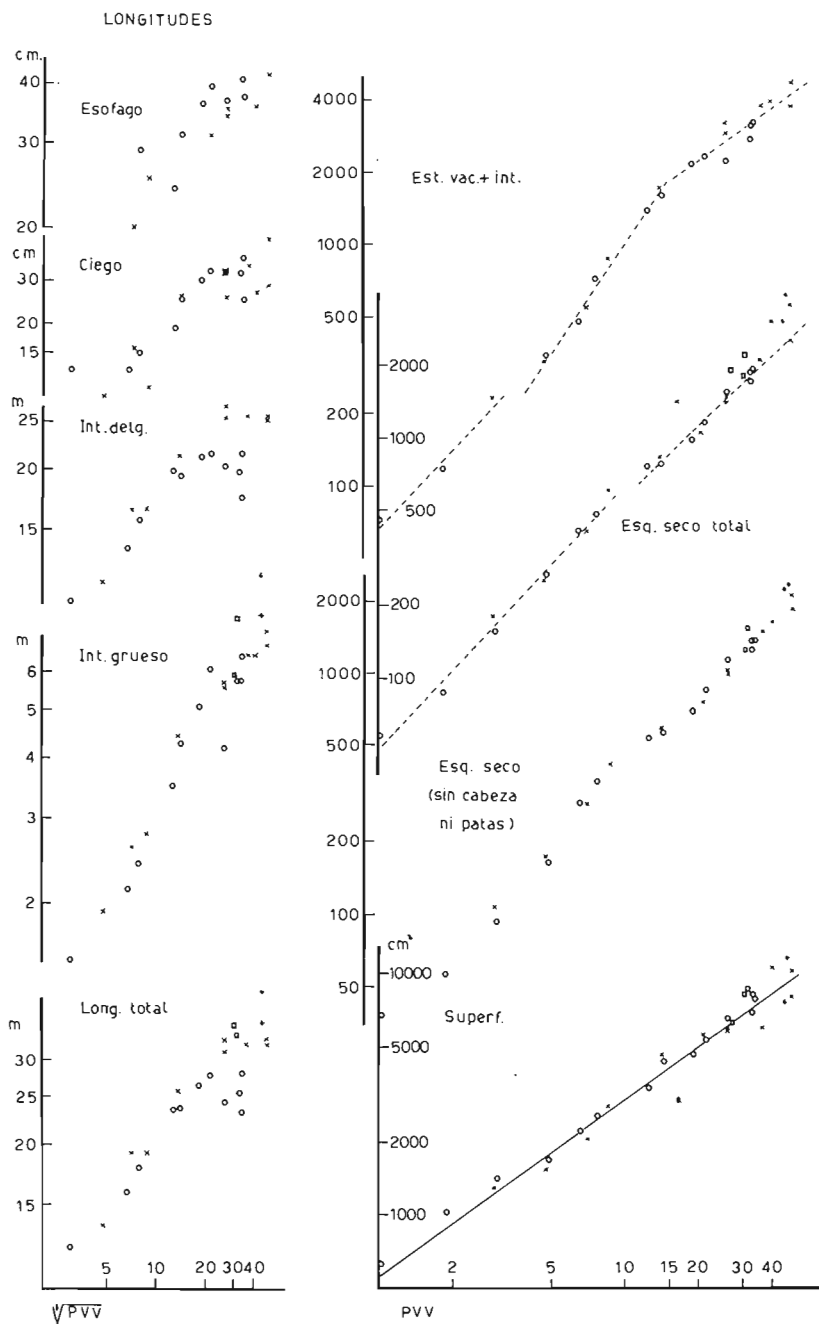


Fig. 5.3.7.

Evolución de las longitudes del intestino y otros elementos corporales.

que el de los intestinos muy alto, pero mostrando un efecto compensatorio. Como el resto de los órganos no presentaban desviaciones anormales (ver Fig. 5.3.1. y siguientes) se han mantenido sus pesos para el cálculo. El número 2 1/3b corresponde a un animal enfermo que mostraba un desarrollo anormal del contenido gástrico. Los otros datos no utilizados corresponden a alguno de los órganos de los animales abortados, cuyo desarrollo se encontraba claramente en la fase fetal, y se refieren a bazo, hígado o riñones.

Los diversos parámetros obtenidos en las regresiones se indican en la Tabla 5.7., donde los despieces y órganos han sido agrupados de forma similar a la Tabla 5.5. Cada una de las rectas se ha calculado con los datos de machos y hembras juntos (h-m), y después, por separado, con el fin de detectar posibles diferencias sexuales en el crecimiento de los órganos.

En la última columna de estas Tablas, se han representado los valores de un *test* de *t* de STUDENT (t_1), utilizado para comprobar si el valor muestral obtenido de la pendiente (m) se desvía significativamente de un valor paramétrico poblacional dado (μ). En este caso se ha tomado $\mu = 1$, lo cual significa que aquellos órganos o partes cuyo coeficiente de alometría no difiere significativamente de 1, presentan un crecimiento igual al del resto del cuerpo, es decir, son isométricos. Por el contrario, aquéllos que difieren presentarán alometría negativa o positiva según si la pendiente es menor o mayor que 1. Según sugieren SOKAL y ROHLF (1979), el *test* sería $t_1 = m - 1/S_m$, siendo S_m el error de la pendiente. En algunos casos, cuando el valor de m es muy bajo (caso del cerebro, por ejemplo), se ha comprobado su significación respecto de 0; si no fuera significativamente distinto de 0, equivaldría a decir que no hay regresión.

La mayor parte de las rectas obtenidas se han representado en las Figuras 5.3. (5.3.1. a 5.3.7.). Las gráficas se han elaborado a escala logarítmica, y se han separado los puntos de ambos sexos, señalando con un círculo las hembras y con una aspa los machos. Los datos de los adultos (cuadrados para ovejas y cruces para moruecos) también se han incluido en algunas gráficas con fines comparativos, aunque no se han utilizado para el cálculo de la ecuación. Los datos del muflón hembra se han representado con un asterisco en las gráficas.

Existen determinados órganos o elementos corporales que presentan cambios de la pendiente alométrica durante su desarrollo, de los cuales hablaré en detalle posteriormente. Tales casos han sido indicados con líneas de trazo discontinuo en las gráficas.

a). Diferencias en el desarrollo según el sexo.

Para poner de manifiesto las diferencias en el desarrollo de machos y hembras, se han calculado las rectas de alometría por separado para cada sexo; los resultados pueden observarse en la Tabla 5.7. Posteriormente, se ha realizado un *test* de F entre dichas pendientes para comprobar la significación de las diferencias observadas (SOKAL y ROHLF, 1979, p. 501). Sólo aquellos casos en que las diferencias resultaron significativas se han expresado en la Tabla 5.8. Sin embargo, a partir de las gráficas pueden observarse también algunos órganos en los que existen determinadas tendencias, aunque no puedan evidenciarse significativamente. A continuación comentaré ambas situaciones:

De la Tabla 5.8. puede deducirse que no son muchos los órganos cuyo crecimiento es claramente distinto en ambos sexos. De entre los elementos del primer despiece, cabe destacar la *piel* y la *canal*.

La *piel* muestra en conjunto un crecimiento superior en los machos, de tal forma que mientras en éstos es isométrico, en las hembras presenta alometría negativa no muy acusada, pero significativa (Tabla 5.7.). Es posible que ello se deba a una mayor producción de lana por parte de los machos, sobre todo a partir de los 4-5 meses. BLAKE (1967, p. 309) señala a este respecto que el crecimiento de lana es mayor en los machos que en hembras y castrados, y sugiere una posible influencia de la testosterona sobre el mismo. También PRESCOTT (1969) indica que la cabeza y la piel son más pesadas en los machos enteros que en los castrados.

La *canal* presenta alometría positiva en ambos sexos (Tabla 5.7.), siendo mayor la velocidad de crecimiento en las hembras. Esto responde sin duda a un hecho ya conocido, que consiste en que a igualdad de peso, las hembras presentan mayor rendimiento en canal. Las causas deben buscarse en la mayor facilidad para el engrasamiento que muestran éstas últimas, como se verá más adelante.

Tabla 5.8.

Comparación de los coeficientes de alometría entre ambos sexos. Valores del test de F y niveles de significación. Se indican sólo aquellos órganos en los que se han encontrado diferencias significativas. (h), hembras; (m), machos.

Variable		Coef. alom.	Grados lib.	F	Nivel signif.
Piel	(h)	0,9101	22	8,55	++
	(m)	1,0314			
Canal caliente	(h)	1,0772	22	10,82	++
	(m)	1,0269			
Pulmones	(h)	0,5061	10	6,63	+
	(m)	0,8714			
Org. sexuales	(h)	1,1717	16	26,10	+++
	(m)	1,9312			
Grasa intestinal	(h)	1,9393	13	7,70	+
	(m)	1,4728			
Grasa visceral	(h)	2,3304	18	4,57	+
	(m)	1,9876			
Esq. descarnado	(h)	0,6150	14	8,12	+
	(m)	0,7561			

A pesar de que las diferencias en los coeficientes de alometría no son muy acusadas (1,077 y 1,027), el resultado es significativo, debido a que la varianza residual es muy pequeña.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que, tanto la piel como la canal, no presentan un crecimiento uniforme, sino que sus pendientes varían durante el período de crecimiento considerado, como veremos en el próximo apartado.

Entre los órganos, hay que destacar los *pulmones* y los *órganos sexuales*.

En los *pulmones* se han encontrado diferencias significativas entre los sexos (Tabla 5.8.), a pesar de que cuando se han considerado junto con la tráquea (pulm. + tráq. + laringe) no se hayan observado. A este respecto hay que comentar dos cosas:

- Por un lado, el período considerado para los pulmones solos (a partir de los 8 Kg. de PVV) es más corto que el de los pulmones con tráquea (v. Fig. 5.3.3. y 5.3.6.), lo cual podría indicar que las diferencias reales empiezan a acusarse a partir del primer mes.
- En apoyo de lo anterior, hay que indicar que si comparamos las pendientes de los pulmones con tráquea de las hembras con las de los machos, descontando el primer dato (cordero 103), el valor de F resulta muy significativo ($F = 11,24, ++$).

En consecuencia, puede decirse que es altamente probable que existan diferencias sexuales en el aparato respiratorio, y también que estas diferencias surjan a partir del primer mes, lo cual podría ponerse más de manifiesto si se aumentase el número de los datos. En cuanto a una posible explicación del fenómeno, puede emitirse la hipótesis de que tal vez responda a un aumento del metabolismo por parte de los machos, con el consiguiente aumento de la demanda respiratoria. Una sugerencia en tal sentido se indica también en BENEVENT (1971), a partir de diferencias en el desarrollo del hígado y de los órganos digestivos, principalmente.

Los *órganos sexuales* son los que muestran unas diferencias más aparentes (Tabla 5.8. y Fig. 5.3.5.). En efecto, mientras los machos presentan una alometría fuertemente positiva (sus órganos sexuales crecen en peso a un ritmo casi doble que el cuerpo en general), las hembras son prácticamente isométricas (pendiente no significativamente distinta de 1, Tabla 5.7.2.).

Como posible explicación, cabe pensar en dos hipótesis:

- Por un lado, en un adelanto de la pubertad por parte de los machos, es decir, que el inicio de las funciones reproductoras aparezca primero en éstos. A este respecto no existen muchos datos en la bibliografía, pero todo parece indicar que, al menos para esta raza, el inicio de la espermatogénesis tendría lugar algunos meses antes que la ovulación en las corderas (en general se cree que sucede lo contrario, DUKES (1969, p. 882), para otras razas). Así, MARTIN y col. (1972) señalan para las hembras prepúberes de raza Rasa Aragonesa la edad de 6-7 meses para el unicio de la ovulación, pero siempre y cuando hayan alcanzado un peso superior a los 35-36 Kg., los cuales suponen pesos muy notables para esta raza. En nuestro caso, ese peso no se alcanzaría antes de los 8-10 meses, como puede verse en las curvas de crecimiento (Fig. 3.1.).

En el caso de los machos, hay que señalar el dato de COUROT (1962) para la raza *Ile-de-France*, citado por CANTIER y col. (1969), que sitúa el inicio de la espermatogénesis a partir de un peso testicular de 65 gr., lo que en nuestro caso se traduciría a partir de los 4-5 meses. Esto coincidiría con informaciones procedentes de ganaderos, que aseguran cubriciones fértiles a partir de los 5-6 meses en los machos en la Rasa Aragonesa.

Por otro lado, el autor mencionado (COUROT, 1962) indica que a partir de un peso testicular de 6 gr. (un solo testículo), se inicia una fuerte aceleración en el desarrollo relativo de este órgano, que correspondería con una fase intensa de multiplicación celular, y en el momento en que la velocidad de este proceso disminuye (alrededor de los 65 gr. de peso) tiene lugar la primera emisión de espermatozoides. A partir de entonces, el crecimiento relativo disminuye. Este proceso estaría más ligado al peso vivo que a la edad, según SKINNER y col., 1968 (BENEVENT, 1971).

Estas consideraciones concuerdan muy bien con los resultados que se evidencian en las gráficas (Fig. 5.3.5.), ya que, a partir de los 4-5 meses (o mejor de los 25 Kg de PVV), se observa una deceleración en el crecimiento de los testículos respecto a la fase anterior. Esta deceleración es más acusada en el pene (los últimos 6 puntos no presentan regresión significativa), lo cual se traduce en la gráfica del aparato sexual masculino en conjunto, cuyo crecimiento responde a dos pendientes, con cambio descendente, significativamente distintas (ver apartado siguiente, 5.3.b.).

- Por otra parte, las notables diferencias entre sexos encontradas en el desarrollo de los órganos sexuales pueden estar influidas por el hecho de haber considerado todo el conjunto del aparato reproductor en el caso de las hembras, y no sólo el de los órganos productores de gametos (ovarios). Entre testículos y ovarios podría esperarse tal vez un crecimiento más parecido. Si se tiene en cuenta el trabajo de BENEVENT (1971), donde se estudia la evolución de las gónadas hasta los 25 Kg. de PVV (5 meses), puede observarse que los testículos presentan un crecimiento similar al comprobado en el presente trabajo, mientras que los ovarios muestran un desarrollo muy rápido (superior a los testículos) hasta los 12 Kg. de PVV, y a partir de allí se detiene, presentando también una elevada variabilidad. Sin embargo, el autor no proporciona los coeficientes de alometría de uno y otro órgano.

En nuestro caso, el desarrollo del aparato reproductor en las hembras se ha inferido a partir del peso conjunto de ovarios, trompas, útero, vagina y glándulas anejas, y por tanto, refleja en mayor medida el de aquellas partes más pesadas (útero, trompas, ...). Estas partes deben de crecer al mismo ritmo que el resto del cuerpo (por eso el crecimiento es isométrico, Tabla 5.7.), y posiblemente no muestran un crecimiento superior hasta la primera gestación, circunstancia que no ocurrió en las corderas utilizadas; no obstante, si se observa en la Fig. 5.3.5. la posición de las hembras adultas (y por tanto con varios partos), se verá que están muy por encima de la recta general de las corderas (alometría de talla), lo cual corrobora lo dicho.

En cuanto a los sistemas, deben destacarse las diferencias sexuales encontradas para el *tejido graso* y el *esqueleto*.

En el *tejido adiposo* se observan diferencias significativas en la grasa intestinal (mesentérica) y en la visceral, que incluye la intestinal, la omental y otras como la traqueal y la del aparato urogenital. En realidad, existen diferencias sexuales más o menos marcadas en todos los depósitos grasos que se han estudiado; el hecho de que no sean siempre significativas se debe a la fuerte variabilidad que los caracteriza (Fig. 5.3.4.).

En todos los casos, las hembras presentan un coeficiente alométrico superior al de los machos (ver Tabla 5.7. y Tabla 5.8.), lo cual significa que aquéllas acumulan más grasa que éstos para un mismo peso. Este hecho ya conocido (COLOMER y ESPEJO, 1971 y 1973) cabe atribuirlo a la mayor precocidad de las hembras, entendiendo este término como la capacidad de desarrollar antes las partes del cuerpo o los tejidos, de desarrollo más tardío, es decir, el muscular y el adiposo. Las hembras serían así más anabólicas.

Cabe también destacar aquí el caso de la grasa perirrenal, cuyas pendientes son prácticamente idénticas para ambos sexos (m : 1,717, h : 1,713; Tabla 5.7.), aunque la recta de las hembras se sitúa claramente por encima (Fig. 5.3.4.). Es decir, que donde existen diferencias es en el término independiente ($\log b$). Esto puede interpretarse como que, a pesar de presentar un ritmo de crecimiento semejante, las hembras presentan un "punto de partida más alto" que los machos, ventaja que mantienen durante todo el crecimiento.

En el *sistema óseo*, y más concretamente en lo que he denominado "esqueleto descarnado", también se observan diferencias entre ambos sexos (Tabla 5.8.) (no se ha considerado la cabeza).

Por un lado, puede adelantarse que la variable "esqueleto descarnado" se aproxima bastante a lo que podríamos llamar "hueso fresco", es decir, con alta proporción de materia orgánica⁹, y que conviene distinguir del "hueso seco" más propiamente mineral, ya que presentan desarrollos bastante distintos (Tabla 5.7.), como se verá más adelante (apartado 5.3.e.).

⁹ Contiene además, mucho tejido cartilaginoso, desaparecido en el llamado "hueso mineral".

Por otra parte, hay que poner de manifiesto que las hembras son las que presentan un coeficiente alométrico menor, y que de alguna manera este hecho puede estar en conexión con la mayor precocidad de éstas, comentada anteriormente. En efecto, el tejido óseo es de desarrollo temprano, y si suponemos que las hembras son más precoces, puede haberse formado primero en éstas, con lo que la pendiente se hace más pequeña.

Otros autores también han señalado esta diferencia en el esqueleto; por ejemplo, BENEVENT (1971), cuando habla de desigualdades del desarrollo según el sexo, coincide bastante con mis datos, y señala que las diferencias que observa pueden agruparse en dos categorías: las diferencias de *conformación* (constitución), debidas al sexo, entre las que se incluiría el cráneo, resto del esqueleto, músculos del cuello, ..., y las diferencias en el *metabolismo*, donde incluiría órganos tales como el hígado, aparato digestivo, ...

Según esta interpretación, puede suponerse que las diferencias de tipo genético que separan ambos sexos, en el sentido de proporcionar a los machos una constitución ósea más sólida, serían las responsables de un mayor desarrollo del tejido en éstos. Sin embargo, esta interpretación no deja de tener sus problemas, ya que la proporción de "hueso mineral" respecto al peso total es la misma en ambos sexos durante todo el crecimiento, como se verá más adelante.

Diferencias sexuales a partir de los 4 meses. Dejando aparte aquellos elementos que presentan diferencias estadísticamente significativas, cabe comentar también los órganos y aparatos en que se observan diferencias sexuales en el desarrollo, sobre todo en el tramo final del período considerado. En este sentido, y a partir de la observación de las gráficas respectivas, puede apreciarse cómo en la mayor parte de órganos de las vísceras abdominales el crecimiento disminuye o incluso se detiene a partir de los 4 meses, lo que coincide con un peso vivo vacío aproximado de 25 Kg. en los machos y 18 Kg. en las hembras.

Esta disminución o estabilización en el crecimiento sucede a niveles más bajos de peso en las hembras que en los machos, con lo que puede decirse que, a partir de los 4 meses y a igualdad de peso corporal, los machos poseen mayor cantidad de vísceras abdominales.

Este es el caso, por ejemplo, de los riñones (Fig. 5.3.2.), donde se ve cómo los 6 últimos datos están prácticamente estabilizados alrededor de los 100 gr. en los machos, y de los 80 gr. en las hembras.

Algo parecido sucede en el hígado (Fig. 5.3.3.); pero donde tal vez es más acusado es en el tracto alimentario, sobre todo en lo que se refiere a los estómagos. Así, en la Fig. 5.3.2. puede verse una disminución brusca del crecimiento en los estómagos vacíos, deteniéndose antes en las hembras que en los machos.

Los machos "tienen más estómago" en el período de crecimiento que estoy considerando, y ello se traduce en un mayor peso del contenido estomacal (Fig. 5.3.2.) y también en un mayor volumen (Fig. 5.3.6.). Esta situación se observa casi en cada uno de los cuatro ventrículos del estómago, pero especialmente en el rumen, el de mayor importancia cuantitativa. Como puede verse en la gráfica (Fig. 5.3.6.) del rumen vacío, los machos han detenido aparentemente su crecimiento en torno a los 570-600 gr. En las hembras, la variabilidad es mayor y la tendencia menos clara.

En lo que se refiere a los intestinos y el esófago (Fig. 5.3.5.), estas diferencias sexuales a partir de los 4 meses no parecen existir o al menos no son tan manifiestas (ver Fig. 5.3.3. y Fig. 5.3.6., intestinos sueltos). Sin embargo, son claramente detectables en las longitudes (Fig. 5.3.7.), especialmente en el intestino delgado, lo que influye a su vez en la longitud total.

Esta característica diferenciación sexual del aparato digestivo (Fig. 5.3.7, estómagos + intestinos) y de algunos órganos con él relacionados, durante el último tramo de su desarrollo, sumada además a las diferencias que existen en el aparato respiratorio, repercuten manifiestamente en la totalidad de las vísceras. Es decir, que a partir de un determinado estadio del desarrollo, que en esta raza se sitúa por delante de los 4 meses, los machos presentan un mayor peso de vísceras. Paralelamente a esto sucede otro fenómeno, y es que las hembras compensan el menor crecimiento visceral con una mayor acumulación de grasa. Por esta razón, en la gráfica de las vísceras vacías (Fig. 5.3.1.) no se observa ninguna diferencia respecto al sexo, mientras que si consideramos esas mismas vísceras sin grasa (Fig. 5.3.2.), la diferencia es manifiesta en el tramo que se comenta.

Esta situación, a la que se volverá a hacer referencia (Fig. 5.8.1.), se ha puesto de manifiesto en varios trabajos. Por ejemplo, HAMMOND (1932) apuntaba ya el mayor desarrollo de los estómagos en corderos de raza Suffolk, para una edad comprendida entre 5-7 meses. Dentro de la raza Aragonesa, SIERRA (1974, a) encuentra diferencias significativas entre el porcentaje del peso del aparato digestivo respecto al PVV (9,37% para machos y 8,84% para hembras), en animales con una edad aproximada de 3 meses. Lo mismo sucede en el trabajo de COLOMER y ESPEJO (1971), para corderos cruzados (Manchego x Rasa Aragonesa), en una serie que va desde los 22 a 30 Kg. de peso, es decir, entre los 70 y 120 días.

Posiblemente, las diferencias del aparato digestivo en ambos sexos empiezan a manifestarse un poco antes de la edad señalada en nuestro caso (4 meses), tal vez a partir del segundo mes de vida; lo cual explica que sea posible detectarlas a los 3 meses en estudios en que se manejan un gran número de datos (como en el caso de SIERRA, 1974, que utiliza 165 corderos), o en animales de crecimiento muy homogéneo (BENEVENT, 1971). En nuestro caso, se detecta algo más tarde (4 meses), cuando el proceso de diferenciación está más avanzado.

Acerca de las causas últimas de estos fenómenos, las soluciones deben buscarse en diferencias acusadas en cuanto al metabolismo entre ambos sexos, afectados también por situaciones hormonales distintas, sobre las que se insistirá más adelante.

b). Variables de crecimiento continuo y discontinuo¹⁰.

Varios autores han señalado la validez de la función alométrica como modelo aplicable a gran cantidad de fenómenos biológicos (BERTALANFFY, 1968 y 1979; GOULD, 1966). Por otra parte, en otros apartados de este capítulo (ver introducción), se ha hablado ya de la conveniencia de la utilización de este método en estudios del crecimiento. La aplicación de la función alométrica a una variable determinada parte de la premisa de que dicha variable (órgano, región corporal, ...) crece en relación potencial con la variable independiente (frecuentemente, peso o longitud total), es decir, que

¹⁰ A falta de encontrar un término mejor, no se utiliza la palabra y discontinuo en su sentido matemático estricto (BATSCHELET, 1978, p. 225), sino que se aplica a aquellas variables cuyo crecimiento no sigue una sola función potencial.

la velocidad de crecimiento relativo entre ambas se mantiene constante. Sin embargo, dicha constancia muchas veces no es ajustable a la totalidad del proceso de todos los órganos o elementos corporales que se analizan.

En efecto, en gran cantidad de trabajos sobre crecimiento relativo puede observarse cómo muchas variables cambian bruscamente de pendiente, una o varias veces; o la misma recta sufre desplazamientos paralelos, o tiene una tendencia curvilínea o incluso sigmoidea. Este hecho ya fue destacado por HUXLEY (1932), pionero de este tipo de estudios, en trabajos sobre cangrejos, y GOULD (1966, p. 598) lleva a cabo una buena revisión sobre este tema.

Algunas de estas situaciones se han observado también en el presente trabajo. Por ejemplo, puede mencionarse la tendencia curvilínea que experimenta el bazo (sobre todo si se consideran los datos prenatales) o incluso el hígado; o la tendencia sigmoidea de los órganos del aparato digestivo (Fig. 5.3.3.).

La causa de estas variaciones puede deberse simplemente a que en algunas variables el crecimiento no es potencial, sino que se ajustaría mejor a otro tipo de función.

En otros casos, lo que se observa es un cambio más o menos intenso de la pendiente, lo cual debe interpretarse en el sentido de variaciones que el coeficiente de alometría experimenta durante la evolución ontogénica en determinados órganos, y que muchos autores suponen coincidentes con cambios fisiológicos notables. Por ejemplo, HUXLEY (1932) señala la pubertad; BALCELLS (1956) halla un mejor ajuste de la función alométrica cuando se suponen cambios del valor de la pendiente relacionados con las etapas fisiológicas del desarrollo; otros autores en general hablan de ajustes hormonales, ...

En lo que se refiere a trabajos sobre evolución de la composición corporal en especies domésticas, posiblemente sean BOCCARD, DUMONT y LEFEBVRE (1962) los primeros en manifestar la presencia de cambios en los coeficientes de alometría, señalando modificaciones de pendiente en distintas porciones de la canal de ovinos, cuando ésta alcanza un peso de 7 Kg. El trabajo se apoya en un gran número de datos ($n = 255$), pero no proporciona ninguna explicación sobre el fenómeno.

El trabajo de CANTIER y col. (1969) sobre crecimiento diferencial en el conejo doméstico se basa precisamente en la detección sistemática de estos cambios de pendiente en diversos órganos y tejidos, para después poder relacionarlos con posibles modificaciones fisiológicas. El método estadístico que utilizan consiste esencialmente en:

- En principio, ajustan una sola recta a todo el conjunto de datos.
- Después, se trata de ajustar 2 rectas, para lo cual se dividen los datos en 2 subconjuntos (los n primeros y los $n-p$ siguientes).
- Se siguen haciendo ensayos de ajuste de 2 rectas, variando el número de datos ($n + 1$ y $n-p+1$, ...).
- En los casos en que gráficamente se observa la posibilidad de ajustar 3 rectas, se hace lo mismo, partiendo de hipótesis gráficas previas.
- El criterio del mejor ajuste consiste en retener aquél para el que la varianza residual es mínima. En el caso de dos o más rectas, se utiliza la varianza residual media ponderada por los grados de libertad.

De esta forma, los autores detectan un buen número de cambios de pendientes en los distintos elementos corporales, que después tratan de interpretar. La cantidad de parejas de datos utilizados es relativamente elevada: 40 para cada sexo. El trabajo de BENEVENT (1971) en corderos Merinos D'Arles persigue el mismo propósito, utilizando la misma técnica, aunque el número de parejas de datos es más escaso ($n = 14$; cada dato es media de dos).

Sin iniciar una discusión a fondo sobre la validez del método expuesto, en principio puede decirse que su eficacia para la detección de los puntos con cambio de pendiente se ve algo disminuida cuando el número de datos no es demasiado grande. Por esta razón, en nuestro caso no se ha utilizado de una forma sistemática. Sin embargo, la mera observación de las gráficas de algunas variables evidencian cambios notables de sus pendientes; por ejemplo: órganos sexuales masculinos, cabeza, estómagos, ..., y de alguna manera era necesario comprobar la significación de dichas tendencias. Sólo en aquellos casos en que los cambios parecían más aparentes

se ha utilizado el método comentado, imponiendo además otro criterio restrictivo. Así, sólo se han aceptado aquellos casos en que, por un lado, el ajuste de 2 o más rectas suponía una disminución real de la varianza residual; y por otro, si las pendientes de dichas rectas eran significativamente distintas.

Los resultados de dicho análisis se expresan en la Tabla 5.9., donde se indica el valor de la pendiente (m) de cada uno de los tramos en que se ha subdividido el crecimiento de las distintas variables. Las cifras que figuran después de la variable indican los números de los corderos cuyos pesos se han contabilizado en cada tramo, colocados éstos en orden creciente de edad. Los grados de libertad y la varianza residual media se refieren al conjunto de las 2 ó 3 rectas ajustadas. Las variables expresadas en la Tabla 5.9. comprenden los datos de ambos sexos a la vez. Sólo las dos últimas (diafragma y órganos sexuales) se refieren exclusivamente a los machos, ya que en las hembras no se aprecia discontinuidad en el crecimiento para esos órganos. Sucede lo mismo entre las cabezas de los machos cornudos y mochos (resultados en la Tabla 5.7.), cuya diferencia de pendientes también es significativa ($F = 25, 3, +++$). La interpretación de esta tabla debe complementarse con la observación de las gráficas correspondientes (Figuras 5.3.), cuyas rectas se han representado a trazos. Como complemento, se ha elaborado también la Fig. 5.4., donde se indican los intervalos entre los cuales se producen los cambios de pendiente en los órganos representados en la Tabla 5.9. Su interpretación se realizará al final del apartado 5.3.d. a la luz de los resultados del crecimiento de los órganos.

En resumen, cabe afirmar que el crecimiento de las distintas partes y órganos puede realizarse uniformemente durante todo el período considerado, o bien presentar discontinuidades o rupturas en el mismo, con cambios significativos de sus pendientes. A continuación revisaremos por separado la mayor parte de dichas variables, comentando ambas situaciones, según sea el caso.

Tabla 5.9.

Comparación de los coeficientes de alometría cuando se producen cambios de la pendiente en una misma variable. Valores del test de F y niveles de significación (machos y hembras juntos).

	Coef. alom. (m)	Grado lib. (n)	Var. resid. media	F	Niv. signif.
Piel 200b-13	0,8506				
Piel 24-112	1,2640	22	0,000889	33,1	+++
Canal caliente 200b-11	1,1234				
Canal caliente 24-112	1,0450	22	0,000238	8,04	++
Sangre 200b-23	1,0235				
Sangre 24-112	0,7879	21	0,001792	4,92	+
Cerebro 2 1/3b-11	0,3600				
Cerebro 22-112	0,1675	18	0,000345	12,4	++
Cerebro 2 1/3b-23	0,3141				
Cerebro 13-112	0,1297	18	0,000345	73,3	+++
Cor + Per + grs 200b-1 2/3	0,6113				
Cor + Per + grs 21-112	0,9491	21	0,002165	18,6	+++
Esqueleto seco 200b-11	1,0934				
Esqueleto seco 22-112 sin cor	0,9677	20	0,001031	4,1	+
Long. tot. Int. 2 1/3-23	1,4402				
Long. tot. Int. 24-112	0,5149	16	0,001872	6,04	+
Intestinos 200b-2 1/3b	1,2079				
Intestinos 2 1/3a-11	1,5947				
Intestinos 22-112	0,8034	19	0,002119	3,6 16,7	n.s. +++

Tabla 5.9. (continuación)

Comparación de los coeficientes de alometría cuando se producen cambios de la pendiente en una misma variable. Valores del test de *F* y niveles de significación (machos y hembras juntos).

	Coef. alom. (m)	Grado lib. (n)	Var. resid. media	F	Niv. signif.
Est. vacíos 200b-103	1,0020				
Est. vacíos 2 1/3a-22	1,5177	19	0,004940	2,94	n.s.
Est. vacíos 12-112	0,6454			15,2	+++
Est. vac + Int. 200b-103	1,0811			11,09	++
Est. vac + Int. 2 1/3a-23	1,4997	18	0,002049	32,3	+++
Est. vac + Int. 24-112	0,7340				
Vísc. vacías 200b-2 1/3b	1,1665				
Vísc. vacías 1 1/3-24	1,3238	19	0,000818	5,42	+
Vísc. vacías 14-112	1,0018			12,45	++
Diafragma (m) 11-15	1,2446				
Diafragma 14-112	0,6281	5	0,000483	27,6	++
Org. Sex. (m) 1 1/3-13	1,8283				
Org. Sex. 14-112	0,9352	7	0,001785	24,99	++

c). Evolución de los elementos corporales del primer despiece.

Las características del crecimiento de algunas variables se han comentado ya en el apartado de las diferencias según el sexo, por lo que éstas sólo se mencionarán aquí brevemente.

La descripción se hará con apoyo del análisis porcentual, y por seguir el mismo orden expositivo anterior, comenzaré con los elementos del primer despiece. Los datos de los porcentajes respecto al peso vivo vacío de dichos elementos se expresan en la Tabla 5.10., y se han representado en las Fig. 5.5.1. y 5.5.2., para hembras y machos respectivamente. Los resultados se comentarán de forma simultánea a la exposición.

Sangre: En principio, cabe mencionar las diferencias que pueden existir entre el volumen sanguíneo real y el peso de sangre obtenido por degüello, de cara a posibles interpretaciones en cuanto a su evolución; diferencias que, por otra parte, tal vez no sean muy importantes, si se tiene en cuenta que el cálculo del volumen sanguíneo está ligado a un 10% de error, pues depende de la función del bazo (MACFARLANE, 1975, p. 8). En efecto, según este autor, el bazo contiene de 500 a 800 ml de eritrocitos concentrados, que pueden ser liberados en el momento de una demanda de oxígeno, por ejemplo, para incrementar el metabolismo mientras come o en situaciones de alarma o peligro (como sería el caso del sacrificio).

Considerando su evolución en conjunto, el peso de sangre muestra alometría negativa muy ligera ($m = 0,944$), aunque significativa (Tabla 5.7.). Esto coincidiría con SCHALM (1964), que afirma que el volumen sanguíneo del animal en crecimiento disminuye a medida que aumenta su tamaño. Este autor proporciona los datos para el cálculo de dicho volumen, según BARCROFF (1959) y SCHAMBYE (1952): 58-64 ml/Kg, y 58 ml/Kg. respectivamente. En la práctica, sugiere el empleo del 6% del peso corporal (60 ml/Kg.), cifra que, como se observa, no se aleja de mis propios datos (Tabla 5.10; $x = 5\%$).

En principio, parece lógico considerar que el peso de sangre aumente al mismo ritmo que el resto del cuerpo, sin embargo se ha encontrado un cambio significativo de pendiente (Tabla 5.9, Fig. 5.3.1.) entre los 15 y 19 Kg. de peso (Fig. 5.4.). El primer tramo es de crecimiento isométrico ($m = 1,023$), y a partir de los 3 ó 4 meses, desciende ($m = 0,788$).

Tabla 5.10

Porcentajes de los componentes del primer despiece respecto al PVV. (c): animales cornudos. (d): animal no desangrado.

	Sangre	Piel	Pez. + cañ.	Cabeza	Vísc. vac.	Canal
200b	4.9	17.1	5.9	13.5	14.1	42.5
200a	5.9	18.8	4.8	10.7	14.1	44.7
103	5	→12.5	6.8	9.6	15.9	48.2
2 1/3b	4.5	14.4	4.8	8.1	17.5	46.5
2 1/3a	6	13.4	4.4	6.9	14.9	51.2
1 1/3	5.9	14	3.7	6.9	15	50.7
2 2/3	5.9	13.5	3.3	6.1	14.9	53.9
1 2/3	4.8	13.8	3.7	6.4	15.5	53.7
21	5.2	11.8	2.9	5.8	17	54.9
11	5.6	12.3	3.7	6.5	→16.9	53
22	5	12.1	2.7	5.3	→20.1	51.3
12	5.6	12.4	2.7	5.2	20.8	51.7
23	5.4	12.9	→2.4	4.8	19.6	52.9
13		10.2	→2.2	4.1		51.5
24	5.3	12	1.9	4	23	51.5
14(c)	5.7	12.8	2.2	4.8	21.6	52.5
25	4.4	11.5	2	4.1	19.7	55.6
15	5.4	13	2.1	4.4	21.4	52.5
26	4.6	12.5	2	3.9	16.6	59.1
16	5	13.9	2.2	4.1	19	54.1
28	4.6	12.4	1.7	3.4	18.5	57.6
18(c)	4.3	13.9	1.7	6.3	19.2	54.1
210	4.3	14.2	1.9	3.6	21.3	53.5
110(c)	4.4	15.1	1.9	6.4	19.7	52.2
212	4	13.3	1.6	3.6	19.7	57.8
112	4.1	15	1.9	3.4	20.1	55.2
$\bar{x}(1)$	5.03	13	1.95		20	
01	7.7	10.2	2.1	5.4	26.6	43.8
02	6.6	12.3	2.1	4.9	25.3	45.8
03(d)		9.6	2	5.8	29.5	51.7
M1	5.1	12.1	2.1	4.4	21.8	52.4
M2(c)	5.8	10.5	2.1	6	23.3	50.1
Mf	5.3	7.8	2.8	5.4	14	62.5

(1) La media se refiere a los datos a partir de la flecha.

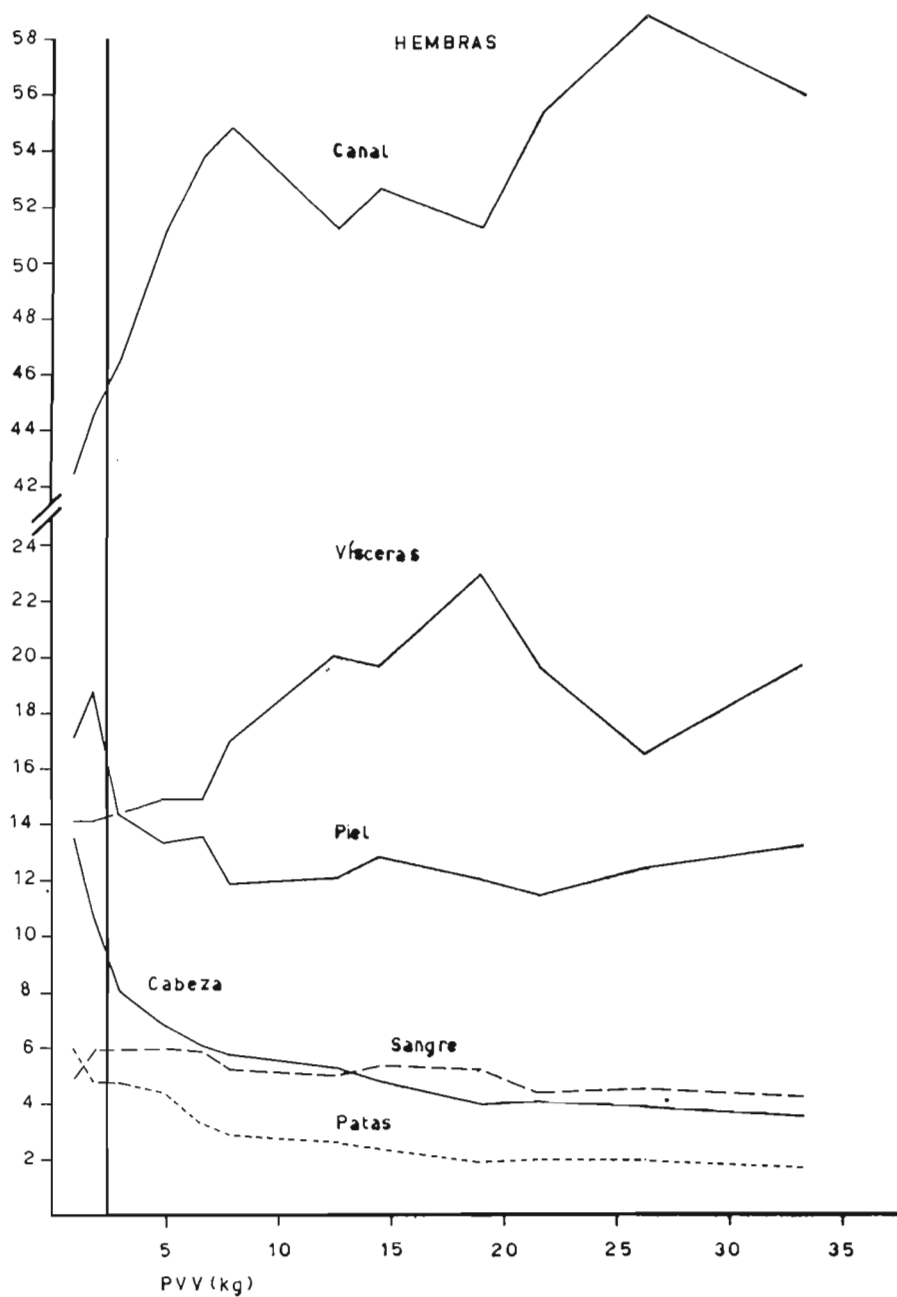


Fig. 5.5.1.

Evolución de los porcentajes del primer despiece con el PVV. Hembras.

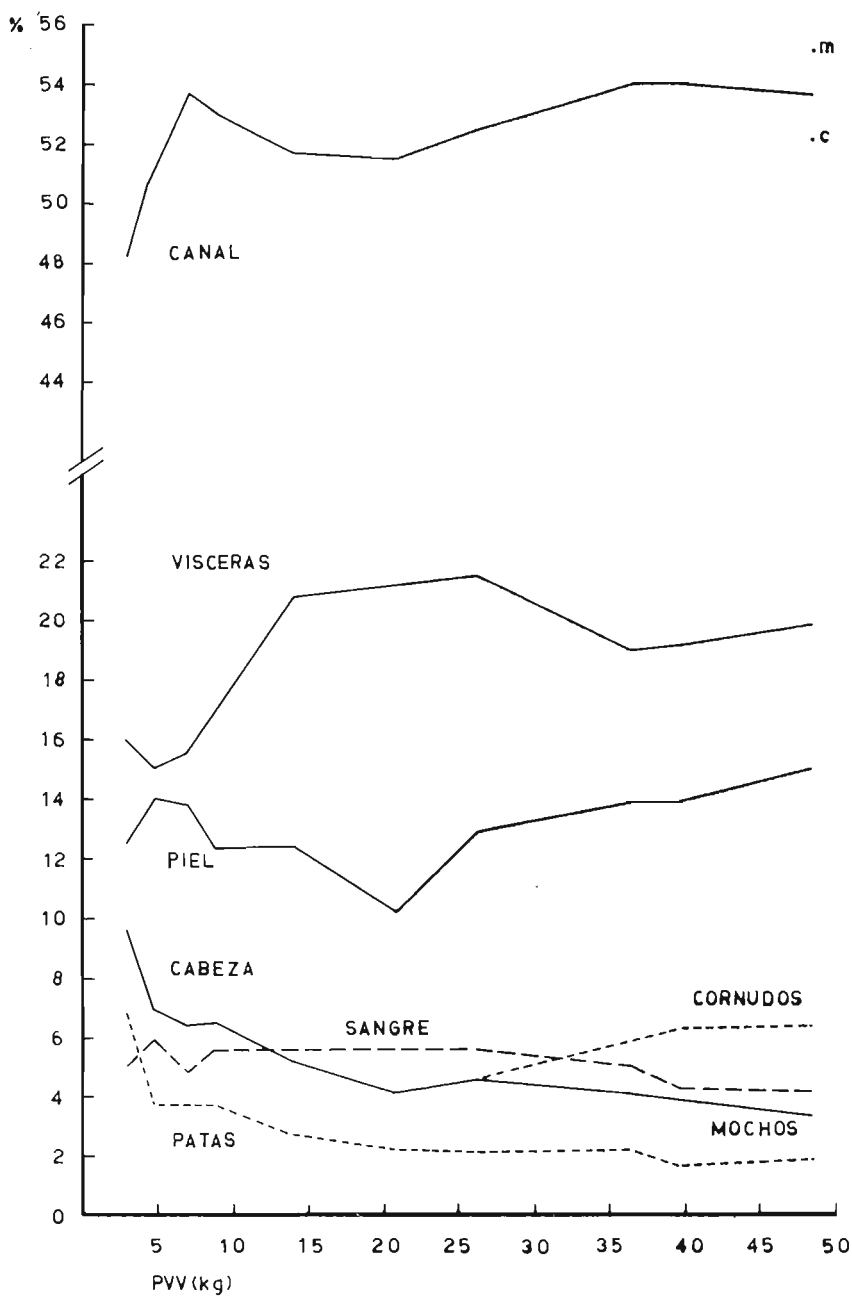


Fig. 5.5.2.

Evolución del porcentaje del primer despiece con el PVV. Machos (c, cornudos; m, mochos).

A este respecto puede comentarse lo mencionado por KOLB (1965, p. 356), quien señala que "los individuos fuertemente cebados presentan, por unidad de peso, un volumen sanguíneo relativamente más débil que los individuos en mantenimiento normal". Así se podría explicar que los corderos grandes, muy engrasados, presentaran pesos relativos de sangre menores que los pequeños, y que los individuos adultos (con poco engrasamiento) posean valores más altos que los corderos grandes del mismo peso. Por otra parte, los valores de las hembras al final del período parecen inferiores a los de los machos, lo cual se explicaría considerando un mayor engrasamiento de éstas¹¹.

Puede añadirse también lo mencionado por BLUNT (1975, p. 9), quien asegura que el mayor volumen sanguíneo en corderos pequeños es debido a su mayor metabolismo, asociado a velocidades altas en el *turnover* del agua.

Pezuñas y cañas: Se caracterizan por alometría uniforme notablemente negativa ($m = 0,632$, Tabla 5.7.), al igual que otros elementos distales del cuerpo (cabeza, cola). Ello significa un crecimiento precoz y, por tanto, un desarrollo prematuro. Debe considerarse que en gran parte se componen de tejido óseo, de desarrollo temprano.

Puede señalarse también que dentro de toda la extremidad, se trata del segmento que presenta un crecimiento menor, no sólo en peso, sino en longitud, como se vio en el capítulo de Medidas Externas y en el estudio osteológico (GARCIA-GONZALEZ, 1981 b).

Su tanto por ciento adquiere valores altos en los corderos jóvenes, y parece que tiende a estabilizarse a partir de los 3 meses en torno a un valor de un 2% (Tabla 5.10). Su importancia es más considerable en los animales prenatales o prematuros (103).

Cabeza: En los animales mochos, presenta un crecimiento uniforme con alometría negativa de características y pendiente similares a las de pezuñas y cañas ($m = 0,640$, Tabla 5.7.). Cabe destacar, en cambio, que la aparición de los cuernos provoca una ruptura ascendente de la pendiente (m

¹¹ En definitiva, parecería una consecuencia de que el tejido graso blanco contenga proporcionalmente una menor cantidad de capilares (EMERY, 1972).

= 1,497), altamente significativa con respecto al resto de machos (Fig. 5.3.1. y 5.5.2.) (ver fotografías Plancha 4 y 5).

De los dos machos adultos, uno de ellos es mocho y el otro cornudo. Sin embargo, la posición relativa de éste último (Fig. 5.3.1.) es más baja que el resto de cornudos, debido a que le fueron cortados los cuernos (en 2/3 partes aproximadamente), anteriormente a su adquisición.

Entre los animales sin cuernos no existen diferencias significativas entre los sexos, aunque parece que las hembras presentan cierta precocidad. En los primeros meses, el tanto por ciento aumenta considerablemente (Tabla 5.10.), de tal forma que, al nacer, supone prácticamente el doble que en los animales maduros. Dicho porcentaje disminuye rápidamente hasta la edad de 3 ó 4 meses, a partir de la cual lo hace más lentamente.

Puede sugerirse también la impresión de que, a igualdad de peso, el aumento de porcentaje que representa la presencia de cuernos parece ir en detrimento del rendimiento de la canal¹², lo cual puede tener su importancia desde el punto de vista comercial. Tal sería el caso de los corderos 110 y 112 y el de los mardanos (machos adultos) M1 y M2, donde se observa la correspondencia mencionada (Tabla 5.10, Fig. 5.5.2.).

Piel: Observando su crecimiento en conjunto¹³, la piel crece de forma isométrica con el resto del cuerpo ($m = 0,956$, Tabla 5.7.), con diferencias significativas respecto al sexo, ya comentadas.

Sin embargo, se ha demostrado también una discontinuidad significativa en su pendiente, en torno a los 20 Kg. de peso (PVV), que corresponde a una edad de 3 meses en los machos, y de 4 a 5 en las hembras. Este cambio se traduce en una primera etapa de alometría negativa ($m = 0,851$), y positiva ($m = 1,264$) en la segunda (Tabla 5.9., Fig. 5.3.1.). Dicha alteración se refleja también en los valores de los porcentajes respecto al PVV (Tabla 5.10.), que muestran una tendencia descendente hasta la mitad del período, para aumentar después progresivamente, adoptando la

¹² Ya que las proporciones de los restantes elementos del primer despiece se mantienen constantes.

¹³ Se refiere al peso, lo cual conlleva la aparición de la lana.



Plancha IV.

Crecimiento de la cabeza de un cordero hembra. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10 y 12 meses.



Plancha V.

Crecimiento de los cuernos. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: 1, 2, 3, 4, 8 y 12 meses.

evolución de los porcentajes una forma más o menos de "V" durante el año de vida (Fig. 5.5.1. y 5.5.2.).

El aumento brusco en el peso relativo de la piel se debe probablemente a la activación de algún mecanismo fisiológico que propicia un rápido crecimiento de la lana, así como cambios en sus características¹⁴. A este respecto, HELMAN (1965, p. 108) opina que los corderos jóvenes están provistos de una lana especial, que se modifica a partir de los 3 ó 4 meses de edad, hasta adquirir progresivamente los caracteres de adulto (incremento de fibras de lana sobre pelos y fibras meduladas). La observación personal directa sobre los animales, así como el análisis de las muestras de lana, concuerdan con ello.

Así pues, los efectos de la selección artificial sobre la especie, que fue modificando paulatinamente el pelo en lana, se manifiestan en parte con este crecimiento rápido a partir de los 3 ó 4 meses, que puede prolongarse de forma continua prácticamente durante toda la vida del animal. HELMAN, p. 112, señala ovinos castrados que, después de 7 años sin esquilar, mostraron longitudes de fibra de 80 cm. En apoyo de todo lo dicho, puede observarse cómo los valores de los adultos —que habían sido esquilados algunos meses atrás— se encuentran por debajo de los valores de los corderos mayores.

En el cambio ascendente de la pendiente, tal vez no deba descartarse tampoco una posible influencia de la infiltración sucesiva de grasa subcutánea en los animales engrasados, tal como señala CANTIER y col. (1969) para el conejo.

Canal: A este elemento corporal no cabe considerarlo como una unidad anatómica estricta, desde el punto de vista de la morfología. Sin embargo, dada su importancia comercial, debe ser tenido en cuenta en un trabajo de este tipo. Su crecimiento será fruto del desarrollo de sus elementos fundamentales, a saber, el tejido óseo, muscular y graso (el tejido nervioso de la médula espinal es cuantitativamente despreciable). Por otra parte, puede decirse que lo que ocurre con estos tres tejidos en la canal es

¹⁴ Es probable que la ingestión de componentes sulfurados se acelere con los cambios de nutrición, posteriores al destete, y puede resultar de interés tenerlo en cuenta en casos de nutrición correctiva.

prácticamente el reflejo de lo que sucede en la totalidad del cuerpo, debido a la importancia ponderal de los mismos.

La canal presenta crecimiento discontinuo, con diferencias sexuales, y con un cambio de alometría a partir del primer mes (Fig. 5.3.1.). Al principio, la alometría es significativamente positiva ($m = 1,123$), y después isométrica ($m = 1,045$), aunque con una ligera tendencia ascendente. Sin embargo, si se consideran separadamente los sexos, el segundo tramo también es alométrico positivo en ambos. Este aumento durante el primer mes de vida es más aparente en los gráficos de porcentajes (Fig. 5.5.1. y 5.5.2.), donde se observa en ambos sexos una evolución parecida: un rápido aumento durante el primer mes; posteriormente, un descenso durante los 10 a 20 Kg. de PVV, para, finalmente, volver a subir, mostrando una estabilización en los machos y una clara superioridad en las hembras.

La explicación de esta evolución parece clara si se observa, en las gráficas, la de los restantes elementos del despiece:

En principio, el rápido aumento durante el primer mes (10 Kg.) se debería al descenso de todas aquellas partes residuales desde el punto de vista de la carnicería, a saber, piel, cabeza y patas¹⁵. Ello se correspondería con la fase de alometría positiva. A partir de entonces, la evolución de porcentaje de la canal (o rendimiento en canal), parece ligada a la de las vísceras. En efecto, a un aumento de éstas corresponde un descenso relativo de la canal, y viceversa. Más adelante, me ocuparé en detalle de estos extremos, cuando se hable de la disección de la canal.

Puede comentarse también que las diferencias entre el crecimiento de la canal y de ésta, una vez extraídos los riñones con su grasa, no son significativas, como puede apreciarse en la Tabla 5.7., ya que esta parte representa un porcentaje pequeño en relación con el total. La pendiente disminuye, aunque poco, ya que la grasa extraída es de desarrollo más tardío que el resto de los tejidos. Tampoco existen diferencias significativas entre la canal caliente y la canal fría (Tabla 5.7.).

Vísceras vacías: Para estos elementos, puede decirse algo semejante a lo apuntado para la canal, es decir, que su desarrollo a lo largo del período

¹⁵Pezuñas más cañas.

de tiempo considerado refleja los desarrollos particulares de sus componentes. Así, la tendencia ligeramente sigmoidea de su gráfica (Fig. 5.3.1.) está, sin duda, condicionada por la evolución del aparato digestivo, es decir, del componente ponderal más importante de las vísceras en conjunto. En consecuencia, su evolución respecto al peso vivo vacío puede dividirse en tres rectas, de pendientes significativamente distintas entre sí (Tabla 5.9. y Fig. 5.3.1.). Esta división en tres tramos nos indica una primera etapa, hasta los 4-5 Kg. de PVV, de crecimiento isométrico ($m = 1,166$), que vendría a ser casi una prolongación del desarrollo uterino (WALLACE, 1948, p. 275); una segunda fase, de alometría positiva ($m = 1,324$), que indica un fuerte crecimiento visceral, condicionado por el rápido desarrollo del aparato digestivo; finalmente, una tercera fase, en que el crecimiento vuelve a ser isométrico ($m = 1,002$).

Sin embargo, es destacable lo que sucede con la evolución de esta suma de órganos si descontamos la grasa (Fig. 5.3.2.). El primer tramo es idéntico ($m = 1,166$), ya que apenas se acumula la grasa en ese estadio tan temprano; el segundo también presenta alometría positiva ($m = 1,206$), aunque significativamente menor ($F = 5,7; +$); y el último tramo posee una pendiente mucho más baja ($m = 0,695$), con una evolución distinta para cada sexo ($m = 0,329$ para hembras, $m = 0,455$ para machos), según se explicó en el apartado correspondiente, en el que se decía que el mayor desarrollo visceral de los machos era compensado con un mayor depósito de grasa en las hembras.

Para poner de manifiesto la influencia del tejido adiposo, baste decir que, si consideramos todos los datos en conjunto, las vísceras vacías presentan alometría positiva ($m = 1,105$, Tabla 5.7.), mientras que si descontamos la grasa, el crecimiento global es isométrico ($m = 0,960$, Tabla 5.7.), siendo significativa la diferencia entre ambas pendientes (Tabla 5.11.).

La importancia económica de este hecho es indudable, ya que todo desarrollo excesivo de vísceras va en detrimento del rendimiento de la canal (Fig. 5.5.1. y 5.5.2.). Así pues, considerando el crecimiento global durante todo el primer año, las vísceras crecen significativamente más que la canal (Tabla 5.11), aunque esta diferencia sea pequeña ($m = 1,105$ y $m = 1,055$, respectivamente), mientras que las vísceras desprovistas de grasa crecen significativamente menos que la canal (Tabla 5.11). Desde luego, la consideración de un crecimiento de vísceras sin grasa es algo irreal, como

Tabla 5.11

Comparación de los coeficientes de alometría (m) entre algunas de las variables estudiadas. Valores del test de F y nivel de significación.

Variables	Coef. alom.	Grad. liber.	$S^2_{yx} \cdot 10^{-6}$	F	Niv. sig.
Visceras vacías	1,1053	46	2934	19,8	+++
Visc. vacías sin grasa	0,9600				
Visceras vacías	1,1053	47	995	6,6	+
Canal caliente	1,0555				
Visc. vacías sin grasa	0,9600	47	2288	10,6	++
Canal caliente	1,0555				
Visceras Torácicas	0,8267	45	2392	103,5	+++
Visc. Abdominales	1,1552				
Testículos	2,0912	18	23433	5,8	+
Pene	1,6199				
Intestino grueso	1,7296	37	2720	36,3	+++
Intestino delgado	0,8640				
Estómagos vacíos	1,1715	46	7868	2,65	n.s.
Intestinos	1,0846				
Estómagos llenos	1,4211	46	14988	19,2	+++
Intestinos	1,0846				

Tabla 5.11 (continuación)

Comparación de los coeficientes de alometría (m) entre algunas de las variables estudiadas. Valores del test de F y nivel de significación.

Variables	Coef. alom.	Grad. liber.	$S^2_{yx} \cdot 10^{-6}$	F	Niv. sig.
Esqueleto descarnado	0,7207	43	2097	38,1	+++
Esqueleto seco	1,0359				
Pulmones	0,7688	24	4876	1,88	n.s.
Tráquea	0,9502				
Bazo	0,8913	45	5128	1,1	n.s.
Sangre	0,9437				
Páncreas	1,0243	38	7621	1,2	n.s.
Estómagos + intestinos	1,1109				
Estómagos llenos	1,4211	46	18560	8,01	++
Estómagos vacíos	1,1751				

se explicará al considerar el desarrollo de los tejidos. Sin embargo, el minimizar su importancia puede ser un buen objetivo de cara a la mejora racial por selección artificial.

En cuanto a la evolución de los porcentajes (Fig. 5.5.1. y 5.5.2.), éstos reflejan en mayor o menor medida los cambios alométricos que se han comentado, aunque acusan más la variación individual. Así, por ejemplo, el máximo que muestran las hembras en torno a los 20 kg. de PVV se debe a un animal (24) anormalmente engrasado (grasa visceral = 6,5%, Tabla 5.20), o el mínimo que se produce después corresponde a otro (26) con un aparato digestivo poco pesado (Tabla 5.12.2). La tendencia general sería pues mantenerse entre un 14-16% hasta los 20 días de edad (7 Kg. PVV), es decir, exclusivamente en la fase de lactación. A partir de ahí, un rápido incremento hasta los 2 meses aproximadamente, donde se estabilizaría en torno a un 20% (Tabla 5.10).

Para completar este apartado, y a modo de resumen, se comentarán brevemente las Fig. 5.6.1. y 5.6.2., semejantes a las Fig. 5.5.1. y 5.5.2., pero donde los porcentajes se han hecho acumulativos, para ambos sexos por separado.

Por un lado, se observan unas tendencias generales comunes a los dos sexos, por ejemplo:

- Hasta los 10 Kg. de PVV existe una gran proporción de lo que podríamos llamar "partes desechables" desde el punto de vista comercial: piel, cabeza, patas y sangre. Los tres primeros corresponden a elementos distales y "externos", y todos ellos presentan alometría negativa (la piel hasta los 20 Kg. de PVV). Durante este período, la proporción descende bruscamente y, en este sentido, podría apuntarse que el crecimiento de la especie se realiza hacia "adentro"; es decir, durante el período postnatal temprano se experimenta un rápido aumento de los elementos "internos": vísceras y canal. La sangre controlada presenta un crecimiento más uniforme, casi isométrico.
- El rápido descenso de los elementos anteriores permite un aumento de las vísceras en primer término, y de la canal después, mostrando estas dos partes un crecimiento complementario: la mayor proporción de uno implica la reducción del porcentaje en el otro, y viceversa.

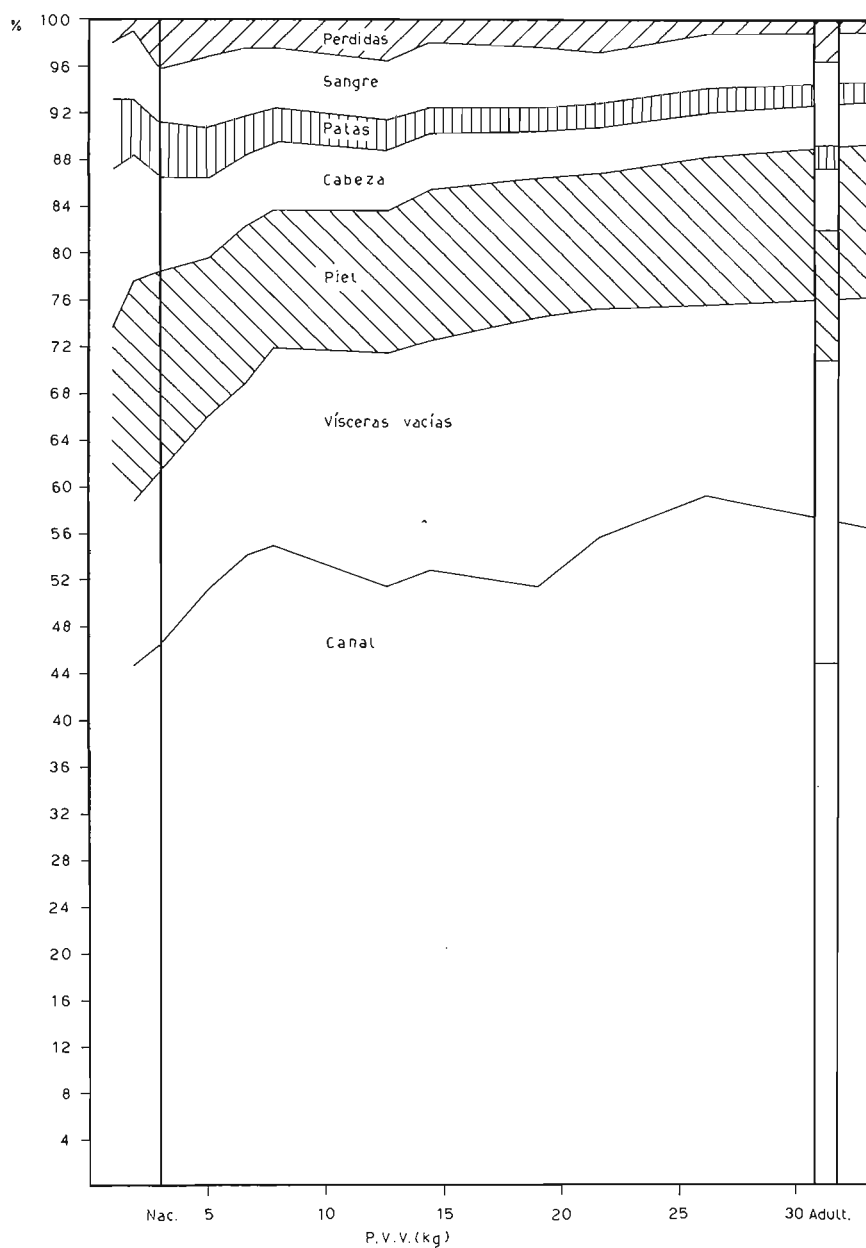


Fig. 5.6.1.

*Evolución de los elementos del primer despiece con el PVV
(% acumulativos)
HEMBRAS*

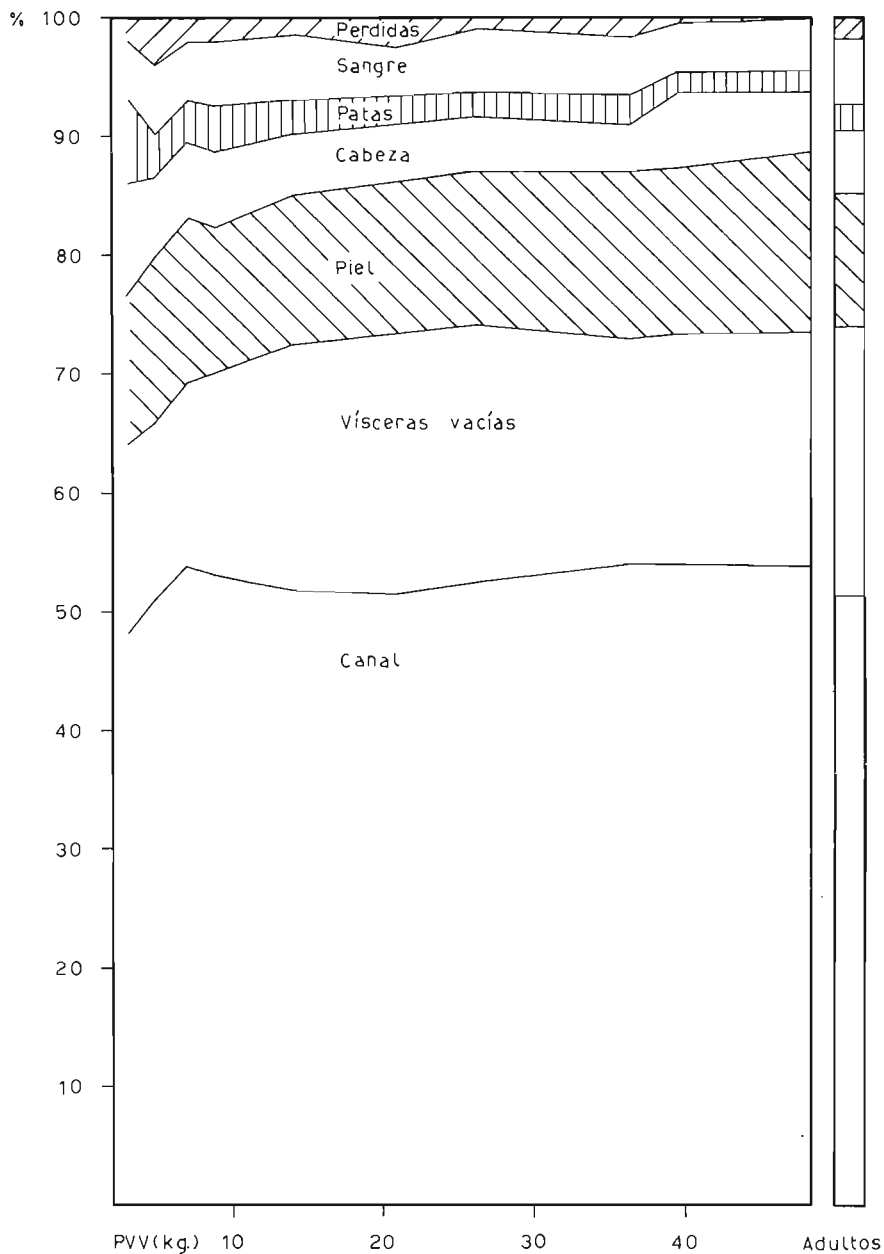


Fig 5.6.2.

*Evolución de los elementos del primer despiece con el PVV
(% acumulativos)
MACHOS*

Obsérvese que la línea de canal más vísceras prácticamente se estabiliza a partir de los 10 Kg., alrededor del 72-74% en ambos sexos.

Por otra parte, se aprecian también en la evolución de las proporciones unas ciertas diferencias relacionadas con el sexo. Así:

- Por término medio, el porcentaje de la canal es más alto en hembras que en machos. Como ya se apuntó, esto se corresponde con un mayor engrasamiento de las primeras.
- Por otra parte, los porcentajes de la canal y vísceras parecen sufrir más fluctuaciones (mayor variación) en las hembras. Este hecho se corresponde con mayores varianzas residuales en las alometrías para éstas (Tabla 5.7.).
- El peso de la piel presenta una tendencia a aumentar hacia el final del período, y este aumento es mayor en machos que en hembras (debe recordarse que las pendientes difieren significativamente, Tabla 5.8.).
- La cabeza también presenta un crecimiento mayor en los machos, hacia el final, a causa del desarrollo de los cuernos.

Individuos adultos. En las gráficas (Fig. 5.6.1. y 5.6.2.) se han incluido también los porcentajes del primer despiece de los animales adultos. Deben destacarse aquí la mayor proporción de vísceras y el menor rendimiento de la canal de los adultos frente a los corderos, más acusado en las hembras que en los machos, a causa del mayor engrasamiento de éstos (Tabla 5.6.); también, la menor proporción de la piel (debido a la menor cantidad de lana), y el mayor porcentaje de sangre (por causas ya comentadas). Merece la pena destacar también que las pérdidas son más importantes en los animales adultos.

Las semejanzas y diferencias de los adultos con los corderos pueden observarse también en las gráficas logarítmicas de crecimiento (Fig. 5.3.1. y 5.3.7.), como se ha indicado en alguna ocasión, y su comparación con las rectas de alometría puede interpretarse como una *alometría de talla*. En muchas ocasiones, los valores de los adultos se sitúan por encima de la

recta, y podría pensarse que el crecimiento continúa después del año, a pesar de las detenciones que se observan en algunos órganos (rumen, riñones,...). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la posición relativa de los datos adultos respecto a las rectas alométricas de los animales jóvenes, está determinada por varios factores que posiblemente interactúan. Por ejemplo, cuando se observa que los valores adultos se sitúan bastante por encima de la tendencia general, esto puede deberse a varias causas:

- Que el órgano o elemento en cuestión prosiga realmente su crecimiento después del año. Así parece en algunos órganos viscerales: bazo, pulmones, riñones,...; lo cual se refleja en los valores viscerales conjuntos (Fig. 5.3.1.).
- La alteración del PVV de los adultos por falta de engrasamiento; es decir, si dichos animales hubieran sido cebados antes del sacrificio, su PVV ocuparía una posición superior, y la posición relativa de sus puntos coincidiría con la recta. Los efectos de esta falta de engrasamiento, que se evidencia también en las diferencias entre machos y hembras adultos, pueden observarse, por ejemplo, en la gráfica referida a la canal (Fig. 5.3.1.).
- La influencia del régimen alimenticio en la evolución del aparato digestivo (WARDROP and COOMBE, 1961) puede ser la causa de un mayor desarrollo de éste en los adultos, sometidos siempre a una alimentación más "grosera" (mayor contenido en fibra bruta); lo cual, a su vez, repercute en el desarrollo de todas las vísceras en general (SRIVASTAVA and ROY, 1971).
- Por último, cabe pensar en las diferencias de metabolismo que existen entre corderos y adultos; con alimentación y actividad vital totalmente distintas, puede pensarse en evoluciones diferentes para algunos de sus órganos y tejidos.

d). El crecimiento de los principales órganos y aparatos¹⁶.

En principio, puede decirse que los órganos de la cavidad torácica en conjunto crecen de forma claramente distinta de los de la cavidad abdominal (Tabla 5.11), presentando en el primer caso alometría negativa ($m = 0,827$) y en el segundo alometría positiva ($m = 1,165$) (Tabla 5.7.). Estos resultados concuerdan también con los de SRIVASTAVA and ROY (1971), y obedecen, en principio, al mayor desarrollo de los órganos de carácter trófico frente a los de carácter respiratorio. De todas formas, ya que la distinción entre vísceras torácicas y abdominales no responde a unidades funcionales definidas, lo mejor será proceder al análisis particular de sus componentes.

Antes de ello, tal vez sea interesante destacar la distinta posición relativa que ocupan los adultos en ambas rectas (Fig. 5.3.2.). Mientras que en las vísceras torácicas, se sitúan claramente por encima, en las abdominales prácticamente se diría que siguen la misma evolución relativa que los corderos. Ello se debe a un artificio causado por los diferentes comportamientos del tejido graso. Considerados individualmente, los órganos viscerales de los adultos presentan pesos superiores a los corderos, tanto en las vísceras torácicas como en las abdominales; lo que sucede es que los depósitos de grasa abdominales (omental y mesentérica) resultan muy pequeños en los adultos, con lo cual se equilibra el mayor peso de los órganos sin grasa. Esta situación es distinta en la cavidad torácica, donde los acúmulos de grasa poseen una importancia similar en adultos y corderos (Tabla 5.6.). Esto tal vez puede obedecer a que los depósitos grasos torácicos tengan un carácter más "estructural" o estable, frente a la grasa mesentérica y omental, que podrían ser más fácilmente movilizables.

• Organos no pertenecientes al aparato digestivo

Aparato respiratorio: Básicamente, las características de su crecimiento fueron descritas cuando se habló de las diferencias sexuales. Considerando los órganos en conjunto, presentan alometría negativa (Tabla 5.7.) y crecimiento uniforme con diferenciación sexual. Cabe destacar el distinto comportamiento del conjunto tráquea-laringe (isométrico), respecto al de

¹⁶ En este apartado se considerará el crecimiento de los componentes de lo que en el apartado anterior se denominaban "Vísceras vacías".

los pulmones solos (alometría negativa) (Tabla 5.7.), quizás por diferencias notables en su composición tisular (¿?).

Corazón, pericardio y grasa (pericardíaca y traqueal): Crecimiento negativo (Tabla 5.7.) y discontinuo (Tabla 5.9.). El cambio ascendente parece claramente atribuible al aumento de los depósitos de grasa, a partir del primer mes, ya que si consideramos la alometría del corazón solo (desprovisto de pericardio y grasa), presenta crecimiento uniforme (Fig. 5.3.3.). Aparentemente no existen diferencias sexuales (en la gráfica se han separado las dos rectas para mayor comprensión). Su coeficiente de alometría es muy similar al de pulmones y tráquea, lo cual indica tal vez una cierta complementariedad de función.

El corazón parece presentar un crecimiento relativamente independiente de factores externos (tal como la alimentación). A este respecto, SRIVASTAVA & ROY (1971) señalan que depende más bien del peso vivo que de otros factores. El ajuste de los valores de adultos (los dos machos y la oveja más joven) a la recta de alometría (Fig. 5.3.3.) apoyaría esta afirmación, aunque no debe descartarse una posible influencia de la edad (o más bien de la senectud), dados los altos valores de los individuos más viejos (01 y 03, Tabla 5.12.1.). WALLACE (1948, p. 381) pone de manifiesto, también, la poca influencia del nivel nutritivo sobre el desarrollo fetal del corazón, y sugiere una estabilización de su peso en torno al 0,7% del peso vivo, a partir de los 3 meses de vida fetal. En nuestro caso (Tabla 5.12.1.), se observan valores más altos durante los primeros meses de vida, debido tal vez a que el porcentaje está calculado sobre el peso vivo vacío, o bien por diferencias raciales.

Timo: Se han considerado juntos el timo traqueal y torácico, ya que su evolución es semejante (WALLACE, 1948, p. 281). Su desarrollo está caracterizado por la fuerte regresión que experimenta a partir de los 3 ó 4 meses, con 20 Kg. de PVV aproximadamente (Fig. 5.3.5.). Es difícil precisar con exactitud dónde comienza su involución, debido a la gran variabilidad de los datos. BENEVENT (1971) sitúa este punto a partir de los 9 Kg. (primer mes), mientras que WALLACE (1948) señala la edad de 2 a 4 meses. Otros autores (DUKES, 1969, p. 822) indican un desarrollo máximo poco antes de la pubertad, y posterior involución después de ésta. BELLOC y col. (1977) sugieren que el peso del timo en corderos Rasos estaría más relacionado con la edad que con el peso vivo, ya que no encuentran correlación

Tabla 5.12.1.

Porcentaje del peso de algunos órganos importantes respecto al peso vivo vacío y su evolución con la edad.*

	Pulm. + Tráq.	Corazón	Bazo	Hígado	Diafragma	Org. sex.
200b	3,6	1,4	0,1	1,5		
200a	2,7	1,3		2,6		
103	3,1	1,3	0,2	3,1		
2 1/3b	2,5	1,0	0,2	3,5		
2 1/3a	2,1	0,8	0,3	2,4		
1 1/3	2,1	0,8	0,3	2,4	0,2	0,1
2 2/3	1,9	0,8	0,4	2,5	0,3	
1 2/3	1,5	0,7	0,2	2,3	0,2	0,1
21	1,7	0,9	0,3	1,9	0,4	0,1
11	1,5	0,8	0,2	1,8	0,4	0,2
22	1,6	0,7	0,3	2,9	0,4	0,1
12	1,6	0,6	0,2	2,1	0,4	0,3
23	1,5	0,7	0,2	2,3	0,4	0,1
13	1,6	0,7	0,2	2,1	0,5	0,4
24	1,6	0,5	0,4	2,0	0,5	0,1
14	1,3	0,6	0,2	1,9	0,6	0,9
25	1,5	0,7	0,2	2,0	0,5	0,1
15	1,7	0,6	0,3	2,7	0,5	0,8
26	1,1	0,5	0,2	1,6	0,5	0,05

* Los números de referencia de los animales están dispuestos en orden creciente de edad.

Tabla 5.12.1. (continuación)

*Porcentaje del peso de algunos órganos importantes respecto al peso vivo vacío y su evolución con la edad.**

	Pulm. + Tráq.	Corazón	Bazo	Hígado	Diafragma	Org. sex.
16			0,2	1,9	0,4	0,9
28	1,0	0,5	0,2	1,5	0,5	0,1
18	1,2	0,4	0,2	1,6	0,5	0,8
210	1,1	0,5	0,2	1,6	0,5	0,1
110	1,3	0,5	0,2	1,8	0,4	0,9
212	1,1	0,5	0,2	1,2	0,5	0,1
112	1,2	0,4	0,2	1,3	0,4	0,8
01	4,2	1,0	1,1	2,3	0,7	1,3
02	2,4	0,6	0,4	2,6	0,6	0,9
03	4,7	1,3	0,3	2,9	0,5	2,3
M1	2,1	0,5	0,5	2,2	0,6	1,6
M2	4,3	0,5	0,4	2,2	0,6	1,2
Mf	1,5	0,8	0,3	2,2	0,6	0,1

* Los números de referencia de los animales están dispuestos en orden creciente de edad.

significativa con este último. Sin embargo, no hacen referencia a su involución.

Los coeficientes de alometría (Tabla 5.7.) hasta los 5 meses de edad proporcionan poca información, debido precisamente a la dificultad de precisar cuándo se detiene el crecimiento, y a la elevada variación individual. Posiblemente su evolución se adapte más a otro tipo de función, y probablemente se relacione con los procesos fisiológicos del crecimiento global del individuo.

Diafragma: A partir del primer mes, su peso parece estabilizarse en torno a un 0,5% del PVV (Tabla 5.12.1.). Sin embargo, considerado globalmente, presenta alometría ligeramente positiva (Tabla 5.7.). Por otra parte, parece que existen diferencias en su evolución según el sexo; así, mientras las hembras presentan un crecimiento uniforme (Fig. 5.3.5.), los machos parecen disminuir su pendiente durante los últimos meses (Tabla 5.9.).

Sin prestar una confianza absoluta a los resultados de las diferencias sexuales (debido al pequeño tamaño de la muestra), sí resulta interesante destacar que su crecimiento global (desde el punto de vista de sus coeficientes alométricos), parece más ligado al tejido muscular que al del aparato respiratorio. En este sentido, podría decirse que su desarrollo se muestra más en consonancia con su constitución que con su función, todo ello desde el punto de vista del peso; sin embargo, es posible que para evidenciar el desarrollo de su función resulten más interesantes otras magnitudes, tal como la superficie. WALLACE (1948) señala la estabilización de su peso en torno al 0,4 - 0,5% del peso vivo a partir del cuarto mes de gestación hasta el año, resaltando la uniformidad de su crecimiento, lo cual coincide esencialmente con los datos de este estudio (Tabla 5.12.1.), si bien durante los primeros meses éstos son algo más bajos.

Organos sexuales: Su crecimiento se ha comentado ampliamente en el apartado 5.3.1. Tan sólo cabe destacar, en cuanto a los machos, las diferencias significativas entre testículos y pene (Tabla 5.11), con crecimiento inferior en este último; así como el cambio de pendiente descendente que experimentan ambos órganos (Tabla 5.9.; Fig. 5.3.5.), de cuya interpretación también se ha tratado; y, además, el notable desarrollo ulterior que presentan los adultos (individuos destinados a la reproducción), lo cual

sugiere la influencia funcional en el desarrollo, o la interferencia de alguno de los factores comentados al final del apartado anterior.

En relación con este último punto, es preciso indicar las conclusiones de SRIVASTAVA & ROY (1971), quienes sugieren una influencia de la edad y del nivel de nutrición en el desarrollo del aparato urogenital, aunque, por otra parte, apuntan un desarrollo completo de estos órganos al año (al menos para corderos hindúes). Por el contrario, las poco fiables conclusiones de BELLOC y col. (1977) sugieren una mayor relación del peso testicular con el peso vivo que con la edad, para corderos aragoneses.

Por otra parte, la distinta evolución entre machos y hembras queda reflejada en la Tabla 5.12.1. y en la diferencia de sus pendientes (Tabla 5.7.). Como ya se comentó, es probable un rápido desarrollo de los órganos genitales femeninos después de la primera gestación, tal como indican los valores de las ovejas adultas. Puede apuntarse también que no se han encontrado diferencias significativas entre el peso del testículo izquierdo y el derecho.

Hígado: Es un órgano con una variabilidad individual relativamente grande. Presenta crecimiento alométrico negativo (Tabla 5.7.), algo menor en las hembras (Tabla 5.7.), aunque no significativo. El primer dato, perteneciente a un aborto de 1 Kg. de peso, no ha sido considerado en el cálculo de la regresión (Fig. 5.3.3.), por poseer características totalmente prenatales. En este sentido, y concordando con WALLACE (1948), la tasa de crecimiento de este órgano sería máxima en los estadios prematuros de la vida fetal (según este autor sería perfectamente visible en el feto de 28 días), para ir decayendo paulatinamente con el tiempo. De ahí que durante los primeros meses, su proporción relativa (Tabla 5.12.1.) sea mayor que en los últimos. Sin embargo, este autor, así como HAMMOND (1932), señala igualmente la posibilidad de otro máximo durante los 3 primeros meses de vida postnatal.

Se ha dicho también que el tamaño del hígado depende en gran medida del nivel de nutrición (SRIVASTAVA & ROY, 1971), siendo, según WALLACE (1948, p. 381), el órgano más fuertemente afectado por unas condiciones nutritivas pobres (fetos criados con un bajo nivel alimentario presentaban tan sólo un aumento del hígado del 8%, respecto al aumento que experimentaron los criados con un alto nivel alimentario). También, en un

trabajo de LARGE (1964) en que compara el desarrollo entre corderos únicos y gemelos, el único órgano que presentó diferencias significativas fue el hígado, siendo mayor en los gemelos, lo cual sugiere un efecto del peor suministro de leche en éstos últimos. Sin embargo, esto tal vez contradice los resultados de WARDROP (1960), que muestran un hígado significativamente más pequeño en corderos que comieron sólo alfalfa, frente a los que se alimentaron de leche y poca alfalfa, atribuyéndolo al mayor contenido en grasa y proteínas en la dieta de éstos últimos.

En resumen, cabe asociar el desarrollo del hígado al del metabolismo corporal en general (cualitativa y cuantitativamente); presenta alteraciones según el plano nutritivo, a causa de sus importantes funciones como almacenador y transformador de metabolitos esenciales procedentes de la absorción intestinal.

Bazo: Muestra un crecimiento alométrico negativo no muy acusado (Tabla 5.7.). Al igual que en el hígado, el primer dato (200b) no se ha tenido en cuenta para el cálculo de la regresión (Fig. 5.3.3.). Su máximo desarrollo ocurriría, pues, durante la vida fetal, para ir decreciendo con el tiempo, en concordancia con los resultados de WALLACE (1948). Asimismo, este hecho estaría relacionado con una mayor actividad eritropoyética fetal, según DUKES (1969, p. 45). Por otra parte, WARDROP & COOMBE (1960) indican un rápido aumento de la proporción relativa de este órgano, inmediatamente después del nacimiento, para después permanecer prácticamente constante. Este incremento se observa también en este trabajo (Tabla 5.12.1), y debe de ser la causa del alejamiento de los primeros puntos de la recta general (Fig. 5.3.3.). El fenómeno podría estar relacionado con determinada actividad sintetizadora, ante una mayor demanda sanguínea, justo después del nacimiento (¿necesidad calórica para el sistema termorregulador?).

Cabe señalar también la considerable variabilidad individual en el tamaño del órgano (varianza residual grande), más acusada todavía que en el hígado. Probablemente, dicha variación de tamaño se debe al carácter de reservorio sanguíneo de ambas vísceras, si bien en menor medida en el hígado.

El hecho de que en un momento determinado el bazo pueda liberar más de 1/2 litro de eritrocitos (como se apuntó anteriormente), explica que

en el momento de la muerte puedan producirse apreciables fluctuaciones de peso. Por otra parte, la vinculación funcional de este órgano con el líquido circulatorio se pone también de manifiesto en la semejanza de sus coeficientes de alometría, entre los cuales no existen diferencias significativas (Tabla 5.11); es decir, la sangre y el bazo experimentan un crecimiento paralelo.

En cuanto a la evolución de los porcentajes (Tabla 5.12.1), puede decirse que a partir de los 10 primeros días, se estabiliza en torno a un 2-3%, destacando los altos valores encontrados en los adultos.

Riñones: Es el órgano que presenta un ritmo de crecimiento más bajo (Tabla 5.7.), si exceptuamos el encéfalo. Con acusada alometría negativa, parece que gran parte de su crecimiento se realizaría durante la vida fetal, y sobre todo en los primeros meses, según EVERITT (1968). En la Tabla 5.7. se han calculado varios coeficientes para este órgano, según se consideren o no los dos primeros datos correspondientes a los abortos (Fig. 5.3.2.). La posición de estos "puntos" parece indicar una disminución de la pendiente en el momento de nacer; sin embargo, WALLACE (1948) observa un aumento de la tasa de crecimiento durante las primeras semanas que siguen al parto. Señala también una estabilización del peso a partir de los 4 meses, en coincidencia con los resultados de este trabajo (Fig. 5.3.2.), con valores finales distintos en machos y hembras. Probablemente, el crecimiento se adapte mejor a dos rectas que a una, aunque no se haya ensayado la partición. Por otra parte, según los trabajos de WALLACE (1948) y ROBINSON (1948), parece que este órgano se vería poco afectado por las alteraciones nutritivas; sin embargo, WARDROP (1960) encuentra significativamente más pesados los riñones de corderos alimentados sólo con leche, que los de corderos que comieron también alfalfa. Lo atribuye al mayor contenido acuoso de la dieta. En la Tabla 5.12.1. puede apreciarse la evolución descendente del porcentaje respecto al PVV. En cuanto a los adultos, los valores más altos coinciden con los animales más viejos.

- Aparato digestivo.

El estudio del aparato alimentario requiere cierto detalle y compartimentación por obvias y diversas razones. Su complejidad y puntos de vista aconsejan una cuidadosa atención de su problemática.

Páncreas: Su crecimiento isométrico, con fuerte variación individual (Tabla 5.7.), parece ligado al del resto del aparato digestivo (no existen diferencias significativas con el tracto gastrointestinal, Tabla 5.11).

Por otra parte, su gráfica (Fig. 5.3.6.) presenta una tendencia curvilínea, que, de haber podido incluir los datos iniciales, probablemente hubiera sido sigmoidea, como el resto del aparato digestivo; tendencia, por otra parte, que pone de manifiesto WALLACE (1948), añadiendo que la máxima tasa de crecimiento se produce durante los 2 primeros meses de vida postnatal. Su proporción respecto al peso total se sitúa en un 0,1% (Tabla 5.12.2.).

Tracto alimentario: Considerándolo como un todo, presenta alometría positiva (Tabla 5.7.); aunque tal consideración resulta un tanto artificiosa, debido a dos hechos fundamentales:

1. El distinto crecimiento que presentan sus componentes, a saber, esófago, estómago e intestinos.
2. El carácter discontinuo de su crecimiento, en parte ya comentado.

Respecto al primer punto, por ejemplo, el esófago muestra un crecimiento más acorde con su situación, con pendiente semejante a los órganos de la cavidad torácica (Tabla 5.7., Fig. 5.3.5.), y, por tanto, con alometría negativa; hecho señalado también por WALLACE (1948). Sin embargo, su longitud presenta un crecimiento más parecido al de la longitud total del intestino (Tabla 5.7.), es decir, isométrico.

Por otro lado, los estómagos parecen mostrar un crecimiento en peso algo mayor que los intestinos, ya que, aunque no existen diferencias significativas entre los estómagos *vacíos* e intestinos, éstas se producen cuando se comparan estómagos *llenos* e intestinos (Tabla 5.11)¹⁷. El mayor crecimiento de los estómagos frente a intestinos está corroborado por otras experiencias similares (WALLACE, 1948; WARDROP & COOMBE, 1960). Por lo que se refiere a los cambios de pendiente que experimentan estómagos e

¹⁷ Recuérdese que el peso de los intestinos se refiere a éstos incluyendo su contenido, ya que, como se explicó, no fue posible vaciarlos.

intestinos (Fig. 5.3.7; Tabla 5.9.), deben interpretarse como cambios en la velocidad de crecimiento, y se analizarán separadamente para cada órgano.

Estómago: El peso de los cuatro compartimentos vacíos del estómago, en conjunto, presenta alometría positiva (Tabla 5.7.), considerando globalmente todo el período de crecimiento estudiado. Sin embargo, como se ha dicho en otras ocasiones, el incremento no es uniforme, sino que presenta dos discontinuidades, originando 3 tramos distintos (Fig. 5.3.2.). El primer tramo, de crecimiento isométrico (Tabla 5.9.), debe considerarse como una prolongación del período prenatal en su última fase. Corresponde a los datos de los cuatro primeros animales (200b, 200a, 103 y 2 1/3b), de los cuales dos de ellos responden a abortos, y los otros dos, a animales con un peso inferior a 3 Kg., de desarrollo visiblemente anormal y con edad fisiológica inferior a la real (Tabla 5.1.).

El segundo tramo es el de velocidad de crecimiento más alta ($m = 1,518$), con alometría positiva, y representa la fase de máximo desarrollo de los estómagos durante *los dos primeros meses aproximadamente*.

El último tramo, con alometría negativa ($m = 0,645$), representa la fase en que el individuo, con un desarrollo de estómagos prácticamente definitivo, invierte el suministro de energía en la síntesis de otros elementos corporales (tejido muscular y graso, principalmente). Cabe recordar además las diferencias de ambos sexos en este último tramo, señaladas con anterioridad (apartado 5.3.a), estabilizándose los machos con un peso superior al de las hembras (Fig. 5.3.2.).

Esencialmente, las fases encontradas para el desarrollo de los estómagos coinciden con la descripción hecha por otros autores. Así, WALLACE (1948), cuyo período de estudio abarca la vida prenatal y postnatal hasta el año, señala un máximo en la tasa de crecimiento después del nacimiento que se prolonga hasta los dos primeros meses, indicando además su discrepancia con los resultados de HAMMOND (1932), que sitúa este máximo en la velocidad después del tercer mes. BENEVENT (1971) indica un cambio descendente de la pendiente alométrica de los estómagos entre los 9-12 Kg. de PVV, que corresponden a una edad de 25 a 51 días, es decir, un poco más temprano que lo comentado hasta ahora.

Tabla 5.12.2.

Porcentaje del peso de varios órganos del aparato digestivo y los riñones respecto al peso vivo vacío; su evolución con la edad.

	Est. vac + int.	Est. vac.	Int. llenos	Int. sueltos	Páncreas	Riñones
200b	7,0	1,7	5,4			0,7
200a	6,2	1,3	4,9			0,7
103	7,8	1,7	6,1			
2 1/3b			7,0	6,5		0,8
2 1/3a	7,0	1,3	5,7			
1 1/3	6,8	1,6	5,2		0,13	0,7
2 2/3	7,2	1,3	5,8		0,08	0,6
1 2/3	7,8	1,3	6,5		0,07	0,5
21	9,2	1,9	7,4	(6,6)	0,11	0,5
11	9,8	2,1	7,8	6,5	0,13	0,6
22	10,8	2,2	8,6	7,8	0,09	0,5
12	12,1	2,9	9,1		0,16	0,4
23	10,9	3,3	7,6	6,7	0,12	0,4
13		2,9				0,3
24	11,3	2,5	8,8	7,1	0,15	0,4
14	12,1	3,3	8,8	7,4	0,11	0,4
25	10,7	3,0	7,7	6,3	0,15	0,4
15	10,9	3,3	7,6	6,3	0,11	0,4
26	8,3	2,0	6,2	4,6	0,14	0,3

Tabla 5.12.2. (continuación)

Porcentaje del peso de varios órganos del aparato digestivo y los riñones respecto al peso vivo vacío; su evolución con la edad.

	Est. vac + int.	Est. vac.	Int. llenos	Int. sueltos	Páncreas	Riñones
16	10,1	2,6	7,5	5,8	0,12	0,3
28	8	1,9	6,1	(4,3)		0,3
18	9,8	2,5	7,3	(5,7)		0,3
210	9,3	2,5	6,8	4,2	0,11	0,3
110	9,7	2,0	7,7	5,8	0,11	0,3
212	9,5	2,0	7,5	4,7	0,08	0,2
112	7,7	1,9	5,8	4,0	0,09	0,2
01	12,9	3,4	9,4	8,4	0,21	0,5
02	14,1	4,4	9,7	8,2	0,18	0,4
03	12,1	4,1	8,0			0,5
M1	11,4	3,8	7,6	6,1	0,16	0,3
M2	11,2	3,0	8,1	6,5	0,17	0,4
Mf	6,2	1,7	4,5	3,8	0,13	0,4

Por lo que se refiere a la evolución de los porcentajes del peso de los estómagos respecto al peso vivo vacío, puede decirse que en cierta medida son un reflejo del análisis alométrico, a veces con ligeras discrepancias; acusando más la variación individual. En la Tabla 5.12.2. puede apreciarse una variación creciente de la proporción de los estómagos, aproximadamente hasta los dos meses, manteniéndose en valores próximos al 3% hasta el quinto mes, para luego descender un poco. Dicho descenso se produce a causa de la progresiva acumulación de grasa. En los animales adultos, se alcanzan valores más altos, apreciables tanto al situarlos en el gráfico alométrico (Fig. 5.3.2.) como en porcentajes (Tabla 5.12.2). Ello se debe a los factores comentados anteriormente (al final del apartado 5.3.c.); es decir, puede existir una falta de engrasamiento (es preciso advertir que los machos, algo más engrasados, tienen porcentajes más parecidos a los corderos entre los 2 a 5 meses), o bien estar provocado por un mayor desarrollo de los estómagos, debido a una alimentación más pobre (SRIVASTAVA & ROY, 1971), o ser debido a ambas razones a la vez.

Evolución por compartimentos gástricos. Lo comentado hasta ahora se refiere al conjunto de los estómagos; sin embargo —como se sabe—, éstos no presentan la misma evolución a lo largo del período de crecimiento. Se analizará en primer lugar su crecimiento ponderal. En la Tabla 5.13. se han representado los cambios que experimentan con la edad los pesos de los cuatro compartimentos del estómago en relación con el peso total. Como se observa, durante las tres primeras semanas el cuajar es el elemento más importante del conjunto, con cantidades alrededor del 60%. Entre los 20 y 60 días, el rumen experimenta un rápido crecimiento, duplicando su proporción relativa, pasando del 30% al 60% aproximadamente. Se trata de un proceso bien conocido (SCHWARZE-SCHRÖDER, 1970, vol. 2, p. 75), que está relacionado con el régimen alimenticio del cordero en los primeros estadios del crecimiento; durante las tres primeras semanas, se alimenta exclusivamente de leche materna, que pasa directamente del cardias al cuajar por medio del surco esofágico, abriéndose y cerrándose por medio de la acción refleja de mamar (ANNISON y LEWIS, 1966). En esta fase, el rumen no es funcional.

A partir de la tercera semana, y coincidiendo con la erupción de incisivos, el cordero empieza a ingerir alimentos sólidos, lo que estimula el rápido desarrollo del rumen y de todos los mecanismos relacionados con la digestión ruminal (WARDROP & COOMBE, 1961); de tal forma que, si el cor-

Tabla 5.13.

Pesos relativos de los cuatro compartimentos del estómago (en % respecto al peso total) y su evolución con la edad.

	Total (gr)	Panza	Retículo	Libro	Cuajar
1 1/3	74	23,8	4,7	4,7	66,7
2 2/3	89	28,1	7,9	4,5	59,6
1 2/3	90	33,3	6,7	4,4	55,6
21	146	50,7	13,0	5,5	30,8
11	181	45,9	10,5	5,0	38,7
22	279	59,1	11,1	5,4	24,4
12	415	65,1	9,2	5,8	20,0
23	476	65,5	13,0	6,9	14,5
13	601	62,2	12,1	6,3	19,3
24	480	61,3	12,9	7,9	17,9
14	862	66,4	9,5	5,3	18,8
25	655	66,3	10,4	6,6	16,8
15	851	68,6	11,3	6,1	14,0
26	535	66,7	12,1	6,9	14,2
16	943	62,7	12,0	9,3	16,0
28	626	62,5	11,8	9,1	16,6
18	989	60,5	11,9	8,0	19,6
210	841	59,9	12,7	11,2	16,2
110	985	60,7	13,0	9,4	16,9
212	652	64,1	12,7	6,1	17,0
112	926	62,0	12,3	9,0	16,7
\bar{x} (después del 22, n=16)		63,35	11,75	7,46	17,43
s (desv. típ.)		2,812	1,180	1,727	2,607
01	1100	58,8	14,1	8,3	18,8
02	1341	61,1	11,7	9,8	17,4
03	1134	62,5	13,4	8,2	15,9
M1	1688	59,2	11,2	7,6	22,0
M2	1376	60,0	12,2	9,1	18,8
\bar{x} (adultos, n=5)		60,32	12,52	8,6	18,58
s		1,502	1,203	0,857	2,257
Dif. de \bar{x} (valor de t)		1,72 (n.s.)	2,169 (+)	1,74 (n.s.)	0,7 (n.s.)
\bar{x} (jón + adul., n=21)		62,63	11,93	7,73	17,7
s		2,852	1,203	1,623	2,523

dero sigue alimentándose sólo de leche, permanece con la misma proporción de estómagos que tenía a las 3 semanas (WARDROP, 1960). Por la misma razón podría explicarse el mayor desarrollo del retículo-rumen en corderos gemelos respecto a únicos (LARGE, 1964).

Así pues, volviendo a la Tabla 5.13, lo más destacable es que a los dos meses los cuatro compartimentos del estómago entre sí alcanzan proporciones en peso relativas similares al adulto, coincidiendo también con WARDROP & COOMBE (1960), que señalan la edad de 56 días. A partir de esa edad, se ha efectuado la media del porcentaje de cada estómago, y se ha observado que no hay diferencias significativas con los porcentajes de los adultos (ver los valores del *test* de t en la misma tabla), excepto para el retículo (aunque se encuentra en el límite de significación). Por esta razón se ha hecho la media conjunta de jóvenes y adultos, dando como resultado 62,6%, 11,9%, 7,7% y 17,7% para las proporciones del rumen, retículo, libro y panza respectivamente.

La evolución descrita concuerda también con los resultados del análisis alométrico (Tabla 5.7.; Fig. 5.3.6). Así, el compartimento con mayor coeficiente es la panza, y el de menor, el cuajar (casi la tercera parte del primero), con alometría negativa. Ello se debe al rápido crecimiento que experimenta el denominado "estómago verdadero" durante el último mes de la vida fetal (WALLACE, 1948). El coeficiente alométrico del libro es muy similar al del rumen, y el del retículo algo más bajo. Estas diferencias, sin embargo, no deben ser muy tenidas en cuenta, debido en parte a la alta variabilidad (ver varianzas residuales), y a que el crecimiento no es uniforme durante todo el año. El rumen y el cuajar presentan una detención del crecimiento, bien visible en los machos (Fig. 5.3.6), a partir del cuarto mes (6 últimos datos), mientras que en el retículo y en el libro, su incremento parece prolongarse un poco más.

Volúmenes. En la Tabla 5.14 se ha expresado el volumen total del estómago y la proporción que representa cada una de las cuatro partes en el total referido. Como las mediciones no se realizaron antes de los 2 meses de edad, cada uno de los compartimentos había alcanzado el desarrollo¹⁸ definitivo, y no puede detectarse la evolución del proceso descrito anteriormente en lo que se refiere a las capacidades relativas. Las variaciones se

¹⁸ No crecimiento claro; se refiere a desarrollo cualitativo.

Tabla 5.14.

Volumen relativo de las distintas partes del estómago (en % respecto al volumen total).

N.º	Total (c.c.)	Panza	Retículo	Libro	Cuajar
22	4080	84,6	5,1	0,7	9,6
12	4910	82,5	2,6	1,0	13,8
23	4970	85,9	5,2	1,0	7,8
13	9030	78,2	5,5	1,9	14,4
24	7090	82,7	4,2	0,6	12,6
14	12635	79,0	5,4	0,7	14,9
25	7150	90,1	2,2	0,7	7,0
15	9437,5	76,3	6,7	1,0	16,0
26	9575	80,5	6,4	1,0	12,2
16	16580	79,1	4,4	0,6	15,8
18	14180	87,4	5,4	1,4	5,8
210	9970	84,5	8,5	1,0	6,0
110	15190	77,4	8,1	1,8	12,7
212	7942	82,3	3,8	0,7	13,2
112	13386	79,5	7,2	1,6	11,7
01	20520	85,4	4,7	1,5	8,4
02	21330	85,0	5,1	1,3	8,6
M1	19870	79,8	8,1	1,0	11,2
\bar{X}		82,23	5,48	1,08	11,21
s		3,77	1,78	0,41	3,32
Coef. var.		4,6	32,4	37,9	29,6
Mf	1690	78,2	1,9	0,5	19,4

deben, pues, a la gran variabilidad individual (ver altos valores de la varianza residual en Tabla 5.7., y la dispersión de los puntos en Fig. 5.3.6) y a la poca precisión del método (apartado 5.2). Sin embargo, a pesar de lo rudimentario de la técnica, cabe destacar que los valores medios obtenidos para todos los animales no se desvían notablemente de los dados por otros autores. Las proporciones halladas en nuestra muestra son 82,2%, 5,5%, 1,1% y 11,2% para la panza, retículo, libro y cuajar, respectivamente. Según DUKES (1969, p. 329), serían 80%, 6%, 7% y 8%; según MAY (1974, p. 520), 78%, 6,5%, 3% y 12,5%. Como se observa, tal vez el elemento más infravalorado sea el libro, que, debido a su peculiar estructura, dificultaba mucho su medición con el procedimiento utilizado (ver apartado 5.2.).

Por lo que respecta a las rectas de regresión, excepto para el rumen, la dispersión hallada es muy grande y es máxima para el cuajar (Fig. 5.3.6.). De tal forma que, a pesar de que los coeficientes de alometría presentan diferencias notables, no puede decirse que difieran significativamente de la isometría (Tabla 5.7.). Cabe destacar también la tendencia asintótica que presenta el rumen al final del período.

Contenido gástrico

Respecto al estómago en su conjunto, resulta interesante comentar la evolución seguida por el peso del contenido gástrico, en parte ya descrita en el apartado 5.2. Como puede observarse, considerando todo el período, su evolución es prácticamente idéntica a la de los estómagos llenos, con pendientes muy similares (Tabla 5.7.). Por otra parte, existe una diferencia significativa entre éstos y los estómagos vacíos, siendo menor la pendiente de éstos últimos. Esta diferencia podría tener el mismo significado que la existente entre las proporciones de los pesos y los volúmenes. Así, el rumen, presentando una proporción en peso del 62%, posee en volumen el 82%, aparentemente debido a la mayor elasticidad de sus paredes.

Además, como se ha destacado en otras ocasiones, la evolución en peso de los estómagos vacíos, de los intestinos y de ambos juntos ("Est + Int."), sigue una curva de tipo sigmoideo (Fig. 5.3.2, 5.3.3. y 5.3.7). Esta característica repercute también en las curvas de las "vísceras abdominales vacías" y "vísceras vacías" (Fig. 5.3.2. y 5.3.1.), aunque es menos aparente. Si se observa la curva de "contenido estomacal" (Fig. 5.3.2.), dicha

tendencia sigmoidea es manifiesta. Y si se observan los correspondientes elementos anteriores "llenos" –"estómagos llenos" (Fig. 5.3.3.) y "vísceras llenas" (Fig. 5.3.1.)–, la tendencia se agudiza. Todo ello significa que la evolución del contenido alimenticio se adapta a la de los estómagos (o tal vez puede ocurrir lo contrario) y posiblemente más a su capacidad. Otra forma de ponerlo de manifiesto es que si en la Fig. 5.2. se traza una recta al nivel del 100% y se considera el complementario de las curvas representadas, obtendremos otra que coincide esencialmente con la evolución porcentual del aparato digestivo y de las vísceras sin grasa del siguiente apartado (Fig. 5.8.).

Intestinos. La evolución de los intestinos en peso es relativamente parecida a la de los estómagos, en lo que se refiere a las distintas velocidades y a los cambios que se producen durante todo el período de crecimiento (Tabla 5.9, Fig. 5.3.3.). Considerado globalmente, durante el primer año de vida, parece que el crecimiento en peso sería algo menor que el de los estómagos.

Su estudio en detalle puede resultar algo superfluo, debido a las interferencias que se producen con otros elementos, principalmente con el contenido intestinal (recuérdese que se trata del peso de los intestinos llenos) y con la grasa mesentérica. De todas formas, pueden observarse también tres fases alométricas con características similares a las descritas para los estómagos (Tabla 5.9.). La primera fase, de crecimiento isométrico, tiene una pendiente más alta en valor absoluto que la de los estómagos. Esto podría corresponderse con el fenómeno descrito por WALLACE (1948, p. 279), que consiste en el rápido incremento que experimentan los intestinos durante los 112-140 días de la vida fetal, en detrimento del desarrollo de los estómagos (recuérdese que se ha considerado esta primera fase, como de características prenatales). La segunda fase, de notable alometría positiva ($m = 1,594$), corresponde al rápido desarrollo digestivo después de las primeras semanas, estadio que se prolongaría hasta los 2 meses en los estómagos, y probablemente menos en los intestinos. La tercera fase, con descenso brusco de la pendiente, tiene alometría negativa ($m = 0,803$), y resulta todavía más baja si no se considera la grasa intestinal ($m = 0,633$, "intestinos sueltos", Tabla 5.7.).

En cuanto a la evolución de los porcentajes del peso del intestino respecto al PVV (Tabla 5.12.2), reflejan algo las distintas etapas del creci-

miento descritas, aunque de forma poco clara, debido a los efectos enmascaradores mencionados (contenido intestinal y grasa mesentérica), sumados al de la variación individual. De todas formas, si pudiéramos considerar como homogéneo todo el período de crecimiento de un año (es decir, isométrico), y obtenemos las medias de porcentajes para todos los animales, se podría decir que los intestinos llenos (con grasa) representan el 7% del peso total (PVV); los intestinos sueltos (sin grasa), un 6%; y los intestinos vacíos y sin grasa, un 4% aproximadamente; mientras que los estómagos (vacíos) representan sólo un 2,2%.

Longitudes del intestino: El rápido incremento que experimentan los intestinos durante la segunda fase, seguido del descenso que se produce en la tercera, mencionado anteriormente, no tiene lugar por igual en los distintos tramos del intestino, al menos en lo que se refiere a sus longitudes. En efecto, tal como puede apreciarse en la Fig. 5.3.7, el crecimiento del intestino delgado queda estancado prácticamente, a partir de los 2 meses en las hembras y de los 4 meses en los machos; mientras que el intestino grueso sigue creciendo en longitud durante todo el período del año considerado.

Este hecho se observa también en los valores de los coeficientes de alometría de las longitudes (Tabla 5.7.): el intestino grueso, y el ciego en menor medida, presentan alometría positiva, con valor relativamente alto ($m = 1,730$), mientras que el intestino delgado, con pendiente $m = 0,864$, representa la mitad aproximadamente, en crecimiento relativo, que el grueso, aunque este valor no sea significativamente distinto de la alometría. La diferencia de pendientes entre el intestino grueso y delgado es altamente significativa (Tabla 5.11).

La longitud total refleja más el crecimiento del intestino delgado, cuantitativamente más importante que el grueso, presentando un crecimiento global muy isométrico ($m = 1,016$), dividido en dos tramos significativamente distintos (Tabla 5.9): el primero, hasta los 15 Kg. del PVV aproximadamente, de alometría positiva, y el segundo (de los 15 Kg. en adelante), que no presenta regresión ($T_0 = 1,32$, no significativo). Es destacable también la clara diferencia sexual entre los valores finales, tanto del intestino delgado como de la longitud total, siendo éstos mayores en los machos.

Tabla 5.15

*Longitud relativa de las distintas partes del intestino (en %) y su evolución con la edad
(DL = Longitud del tronco).*

N.º	Colon + recto	Ciego	Int. del g.	Long. tot. (m)	Long. tot/DL
2 1/3b	12,4	1,1	86,5	12,26	1: 41
1 1/3	13,7	0,7	85,6	13,59	1: 38
2 2/3	13,5	0,8	85,7	15,91	1: 40
1 2/3	13,6	0,8	85,6	19,12	1: 48
21	13,2	0,8	86,0	18,17	1: 43
11	14,4	0,6	85,0	19,22	1: 44
22	14,8	0,8	84,4	23,50	1: 46
12	17,0	1,0	82,0	25,86	1: 48
23	17,9	1,0	80,6	23,85	1: 43
24	19,1	1,1	79,8	26,48	1: 43
14	18,0	1,0	80,9	31,38	1: 52
25	21,9	1,2	76,9	27,87	1: 45
15	17,0	0,8	82,2	32,88	1: 50
26	16,8	1,3	81,9	24,72	1: 36
16	20,1	1,0	78,9	32,39	1: 43
28	24,7	1,1	74,3	23,44	1: 34
210	22,7	1,3	76,1	28,32	1: 39
110	21,1	1,4	77,5	32,45	1: 43
212	22,5	1,2	76,3	25,72	1: 37
112	22,1	0,9	77,1	33,06	1: 40
01	23,0	1,2	75,8	33,86	1: 46
02	16,6	1,2	82,2	35,55	1: 50
M1	21,9	1,3	76,8	35,75	1: 45
M2	21,9	1,1	76,9	43,58	1: 55
Mf	18,9	1,0	81,1	21,22	

Lo anteriormente expuesto tal vez resulte más evidente si se observa la Tabla 5.15, donde se ha expresado la longitud total por individuos y los porcentajes que representan las tres partes del intestino respecto a ésta. Así, observando la evolución con la edad, se aprecia cómo el porcentaje del intestino delgado se reduce progresivamente, resultando al final del año (con valores prácticamente adultos) 10 unidades menor que al principio; mientras que el intestino grueso pasa de valores que suponen alrededor del 13% a un 22% aproximadamente, al final del año. Es decir, que el intestino grueso prácticamente duplica su longitud durante el primer año de vida, mientras que el delgado, proporcionalmente, la reduce. El porcentaje de la longitud del ciego muestra también una tendencia creciente, pero con una variabilidad individual muy acusada.

En relación con este tema, COLOMER y ESPEJO (1971), en un trabajo con corderos de esta misma raza cruzados con Manchego, estudian la evolución del *peso* del intestino delgado y grueso durante un corto período de crecimiento, comprendido entre los 22 y 30 Kg. de peso (2 a 4 meses aproximadamente), sugiriendo que el intestino delgado podría estar prácticamente desarrollado a partir de los 22 Kg. En el trabajo de WALLACE (1948), se estudia la evolución de la *longitud* del intestino durante el período prenatal y postnatal, aunque éste último se compone de sólo cuatro clases de edad: 2, 4, 7 y 11 meses; esencialmente concuerda con las tendencias observadas en el presente trabajo, aunque no proporciona ninguna explicación sobre las mismas.

Con excepción de estas referencias, parece que no es muy abundante la literatura sobre la evolución del crecimiento en longitud del intestino en rumiantes. Sin embargo, el crecimiento diferencial inverso que se observa en el intestino delgado y grueso puede ser un hecho de relativa importancia desde el punto de vista de la nutrición animal. En efecto, como se sabe, la principal adaptación de los rumiantes es la posibilidad de digestión de alimentos con alto contenido en fibra. Para ello, cuentan con un estómago muy modificado, con capacidad de procesos fermentativos, y con un desarrollo extraordinario de la longitud del intestino, para aumentar la eficacia de la absorción. Precisamente, según SCHWARZE-SCHRÖDER (1970, p. 85), la oveja es el animal que mayor longitud intestinal presenta, en relación con la del resto del cuerpo, de todas las especies domésticas (ver última columna, Tabla 5.15, relación longitud total intestino con longitud del tronco).

Según DUKES (1969, p. 354), se ha comprobado que la absorción de la celulosa en la oveja, base de la dieta de los herbívoros, se realizaría en un 70% en el rumen, un 17% en el ciego y un 13% en el colon, mientras que en el intestino delgado sería prácticamente nula la absorción de carbohidratos (DUKES, 1969, p. 422). De ahí que el mayor crecimiento relativo del intestino grueso y del ciego, durante la etapa juvenil, puede suponer una adaptación progresiva, con la edad, para un mejor aprovechamiento de los alimentos de baja calidad (alto contenido en fibra), dotando al animal adulto de una mayor capacidad de asimilación energética¹⁹.

Otra reflexión complementaria sería que la especie en estado salvaje, con una fase de lactación muy prolongada, mantendría una dieta con relación proteína-celulosa alta durante los primeros estadios vitales. Esta relación iría disminuyendo lentamente a lo largo del primer año, y paralelamente, aumentaría la relación intestino grueso-intestino delgado. Las proporciones relativas del intestino delgado y grueso de la hembra de muflón (Tabla 5.15) concordarían con esta hipótesis, ya que, poseyendo una edad de 10 meses, presenta unas proporciones parecidas a las de los corderos recién destetados. Una vez más, el desarrollo anatómico se mostraría paralelo al desarrollo funcional y a sus requerimientos.

- Evolución ponderal con cambios en los coeficientes de alometría²⁰.

A continuación, se realizarán algunas reflexiones sobre los cambios que se producen en los coeficientes de alometría, reflejados en la Fig. 5.4, donde aparecen representados los resultados de la Tabla 5.9. En principio, parece que existe una tendencia a que dichos cambios se produzcan a unos pesos determinados; sin embargo, debido a la escasez de los datos, su interpretación no puede ser tan rigurosa como en otros trabajos semejantes (CANTIER y col, 1969), llevados a cabo con un mayor número de animales.

En la Fig. 5.4. pueden apreciarse una serie de cambios que se producen entre 3-5 Kg. de PVV, correspondientes al aparato digestivo, que

¹⁹ Estudios calorimétricos recientes (GRAHAM, 1980) parecen indicar que la digestión y la utilización de la energía metabolizable en las ovejas mejoran durante el crecimiento.

²⁰ Este apartado debe enlazarse temáticamente con el 5.3.b. (Variables de crecimiento continuo y discontinuo). Se expone en este lugar porque resulta conveniente tener en cuenta los resultados del crecimiento de los órganos.

repercuten en la totalidad de las vísceras y que pueden interpretarse como la modificación que tiene lugar en estos órganos entre la vida prenatal y postnatal, o sea, en el nacimiento, aproximadamente. En estos órganos se produce otro cambio posterior, que coincide, en los estómagos, con la disminución de crecimiento, una vez se ha alcanzado el desarrollo prácticamente definitivo en sus proporciones. En los intestinos, este cambio ocurre un poco antes. Sin embargo, tanto en la suma de estos órganos como en la suma de vísceras, la disminución de pendiente tiene lugar más tarde. Ello puede ser debido a un artificio producido en el análisis alométrico (de minimizar la varianza residual), al no disponer de demasiados datos; o bien a una interferencia, en el caso de las vísceras, con el resto de órganos que no corresponden al aparato digestivo.

Existen además otros órganos, cuya modificación de pendiente se produce entre los 20 y 25 Kg. de PVV, aproximadamente, que pueden estar relacionados con cambios hormonales de tipo sexual; así ocurriría con los órganos sexuales masculinos, con la erupción de los cuernos, y tal vez con el diafragma. Dichos cambios coincidirían también con la involución del timo. DUKES (1969, p. 822) señala una posible interrelación entre el timo y los órganos sexuales.

A este período correspondería también el aumento de peso que experimenta la piel, como consecuencia del rápido crecimiento de la lana, que, como ya se indicó, puede estar relacionado con las hormonas sexuales.

El cambio que se produce en el corazón, junto con pericardio y grasa, se debe al temprano depósito de tejido adiposo en ese lugar; mientras que el que se produce en la sangre es consecuencia de otros depósitos grasos más tardíos de mayor importancia (proceso de cebamiento), como la subcutánea e intermuscular. Los cambios que se producen en el esqueleto y en el encéfalo se comentarán en el apartado siguiente.

Finalmente, resta comentar que los cambios detectados por BENEVENT (1971) en corderos Merinos D'Arles, coinciden en líneas generales con los períodos expresados aquí, si bien se aprecia un cierto adelanto general, atribuible a diferencias raciales.

e). El crecimiento de los sistemas.

Ante todo, debe expresarse algo que resulta obvio, y es que el crecimiento de los tejidos se estimará por medio de partes representativas de los mismos, y no en toda su extensión. A pesar de ello, cabe señalar la concordancia, en cuanto al orden de precocidad de los cuatro sistemas fundamentales²¹, con los principios establecidos por HAMMOND (1932), quien asigna una sucesión decreciente para los sistemas nervioso, óseo, muscular y adiposo respectivamente, la cual, según este autor, es la causa de un reparto diferencial del suministro energético, precisamente en ese orden (ver "introducción" a este capítulo).

Así pues, los coeficientes de alometría obtenidos en este estudio son: nervioso (cerebro), $m = 0,237$; óseo (fresco), $m = 0,721$; "carne" (músculo más grasa), $m = 1,106$, y adiposo (excepto el sumado en la canal), $m = 2,097$ (ver Tablas correspondientes, y Tabla 5.16). Como puede observarse en la Tabla 5.16, estos valores no difieren apreciablemente de los de otros autores. Las ligeras variaciones (bastante acusadas en el caso de la grasa) pueden ser debidas a diferencias de tres tipos, a saber, raciales, referentes a los períodos de crecimiento elegidos, alimentarias, o a una interacción de las tres. En general, parece que dichas variaciones de coeficiente alométrico son mínimas en los tejidos de desarrollo precoz (nervioso, óseo), mientras que en los de desarrollo tardío resultan mayores (grasa). Esto estaría también en consonancia con HAMMOND (1932), quien señaló que los efectos de la selección artificial se acusan más en los elementos de desarrollo más tardío, o sea (en nuestro caso), en los de coeficiente alométrico alto.

²¹ Se ha preferido la palabra *sistemas* a *tejidos* por cuestiones de semántica clásica en organografía zoológica. Indudablemente, aquí se evalúan sistemas y no tejidos; el muscular que se estudia es el estriado y de origen mesodérmico fundamentalmente. Los músculos (vulg. = carne) albergan otros tejidos (nervioso, adiposo y hasta conjuntivo), que no se han evaluado por razones obvias. El óseo, fundamentalmente, es el que mejor se ha aislado, si bien se consideran determinados conceptos: esqueleto descarnado y hueso fresco, que son tejidos mesodérmicos de difícil separación. Únicamente se representa al sistema nervioso por el cerebro, y algunos órganos de los sentidos quedan considerados aparte (Nota E. Balcells).

Tabla 5.16

Valores de los coeficientes de alometría para los tejidos fundamentales según varios autores, y comparación con los obtenidos en este estudio.

	Nervioso (cerebro)	Oseo	Muscular	Graso
CANTIER (1969)				
conejo doméstico	0,26	0,81	1,15	1,38
BENEVENT (1971)(*)	0,271	0,691	1,213	2,873
Merino d'Arles	0,200	0,775	0,954	
BOCCARD (1964)				
Prealpes		0,69	1,21	1,83
CASTRILLO (1975)				
Churra		0,771	1,024	1,647
Presente estudio				
Rasa Aragonesa	0,237	0,721	1,106	2,097

(*) El valor superior corresponde a los primeros estadios del crecimiento (dentro de los 20 primeros días), y el valor inferior, a los siguientes estadios hasta los 5 meses de edad. Las diferencias no son significativas excepto para el tejido muscular.

- Sistema nervioso.

En representación del sistema nervioso se ha tomado el crecimiento del encéfalo, tal como se ha hecho frecuentemente en este tipo de trabajos: ROBINSON (1948), CANTIER (1969), BENEVENT (1971), ... De todas formas, el cerebro resulta un buen indicador de lo que sucede en el resto del tejido. En la Tabla 5.7. y Fig. 5.3.3, aparecen los resultados del análisis alométrico, evidenciándose un crecimiento fuertemente negativo ($m = 0,237$) y sin diferencias aparentes en cuanto al sexo.

El cerebro, pues, sería el órgano con crecimiento más lento, y su desarrollo al nacer se encontraría muy próximo al definitivo. No obstante, SRIVASTAVA & ROY (1971) hallan una tasa de crecimiento todavía menor en los ojos, aunque BENEVENT (1971) obtiene pendientes más altas en los ojos que en el cerebro.

El crecimiento del encéfalo no es uniforme, sino que presenta un cambio descendente en el coeficiente de alometría. El momento en que se produce este cambio no ha sido posible precisarlo, debido a que el análisis alométrico ha proporcionado la misma varianza residual mínima para dos de las alternativas (Tabla 5.9.). De esta forma, resulta un cambio de pendiente a los 10 Kg., o bien a los 15 Kg. de PVV, aproximadamente. Por un lado, el valor de F obtenido es mayor para el segundo cambio; sin embargo, el primero concuerda mejor con el que establece BENEVENT (1971), entre los 9 y 12 Kg. de PVV ($m = 0,271$ y $0,200$, aunque estas pendientes no son significativamente distintas, según el autor).

Tanto en el caso de que las pendientes de alometría sean $m = 0,360$ y $m = 0,168$, o bien $m = 0,314$ y $0,130$, todo parece indicar que el crecimiento del cerebro proseguiría después del año, aunque muy lentamente; así, el último tramo presenta pendiente significativamente distinta de cero en ambos casos: $t_0 = 6,21$, +++ y $t_0 = 2,87$, +, respectivamente. Además, los valores, más altos, de los adultos apoyarían también esta conclusión. Según los trabajos de WALLACE (1948), ROBINSON (1948), SRIVASTAVA & ROY (1971), el desarrollo del cerebro no se vería afectado por el nivel de nutrición, y dependería más bien del peso vivo, aunque, como se ha dicho anteriormente, no puede descartarse la influencia de la edad.

- Sistema óseo.

En el apartado 5.2.d. se expusieron las operaciones realizadas en la canal una vez ventilada. Recuérdese que fue separándose toda la carne, quedando finalmente dos elementos: la *carne*, que, en realidad, es tejido muscular y graso, y el *esqueleto descarnado*. También se apuntó que en esta operación no se había apurado hasta el máximo posible, sino que el esqueleto descarnado contenía restos de carne. Sin embargo, éste último es perfectamente homologable, en cuanto al cálculo de velocidad de crecimiento, a lo que otros autores consideran *hueso fresco* (obsérvese así, en la Tabla 5.16., la coincidencia del coeficiente de alometría del sistema óseo con el obtenido en otros trabajos).

Posteriormente, el esqueleto descarnado se dejó secar durante un tiempo variable de 2 ó 3 meses, y fue pesado de nuevo. Esta medida constituye lo que se define como *esqueleto descarnado seco*, aunque no desecado. En promedio para todos los animales, la pérdida de agua en este proceso fue de un 40% aproximadamente, si bien varía con la edad, tal como se indica en la Fig. 5.7.

Después, el esqueleto descarnado seco fue preparado con la técnica habitual utilizada para los ejemplares de museo o colecciones, es decir, ebullición con perborato sódico durante varias horas, limpieza y raspado de restos orgánicos, dilución de restos de grasa con detergente, y, finalmente, blanqueo con H_2O_2 diluida. Cuando los huesos estuvieron totalmente secos, se pesaron de nuevo, y esta medida constituye el peso del *esqueleto seco*, que esencialmente es *hueso mineral*, prácticamente sin sustancia orgánica. Durante todos estos procesos, el peso del esqueleto fresco original quedó reducido a un 36%, por término medio, como se ve en la Fig. 5.7.

Según BARGMANN (1968, p. 164), el hueso del hombre adulto contiene un 20% de agua, y la sustancia seca se reparte según las siguientes proporciones: 25% de colágeno; 1,25% de resto de proteína, y 70% de sustancia inorgánica; indicando también que estas proporciones se modifican con la edad: el contenido mineral y la sustancia orgánica aumentan, disminuyendo el contenido acuoso. También CARTIER, en GRASSE (1967, p. 286) indica que en la rata albina, entre los 20 y 150 días, el contenido de agua en el fémur desciende desde el 71,3% al 38,2%, y las cenizas aumentan del 12,8% al 38,6%.

Todas estas tendencias se aprecian también en los resultados obtenidos en este estudio. En la Fig. 5.7. se ha representado la evolución de las proporciones del hueso fresco durante el primer año de vida. Tal como se observa, la proporción de agua disminuye, mientras que la de sustancia mineral aparentemente aumenta, aunque las cantidades, por supuesto, no sean homologables a las citadas, debido a las diferencias en la técnica utilizada.

Veamos ahora lo que sucede con el tejido óseo considerado en relación con todo el conjunto del cuerpo:

En primer lugar, los coeficientes de alometría indican (Tabla 5.7.) un crecimiento negativo para el esqueleto descarnado (hueso fresco) ($m = 0,721$), mientras que el esqueleto seco (hueso mineral) es isométrico ($m = 1,03$). Se considera el esqueleto seco sin cabeza ni parte distal de las patas (Tabla 5.7.), para hacerlo comparable al hueso fresco de la canal. Lo dicho se corresponde con lo observado en la Tabla 5.17 (derecha), en las proporciones de los dos tipos de hueso respecto al peso vivo vacío. Así, mientras la proporción de hueso fresco se reduce prácticamente a la mitad, el porcentaje de hueso mineral permanece casi constante alrededor del 4% aproximadamente.

Otro hecho destacable, en cuanto al distinto comportamiento ontogénico del hueso fresco y mineral, es que el primero presenta diferencias significativas según el sexo (comentadas en el apartado 5.3.a), mientras que por el contrario, en el segundo, las pendientes resultan casi iguales (Tabla 5.7.). Por otro lado, el hueso mineral presenta un cambio de pendiente alrededor de los 10 Kg. de PVV (Tabla 5.9.)²². No obstante las pendientes de los dos tramos resultan muy similares (Tabla 5.9.). Ambas son isométricas, y en realidad no son significativamente distintas, aunque el valor de F está muy próximo al valor de significación ($F = 4,1$, frente a $F_{0,05} = 4,4$). Se desconoce si en el esqueleto descarnado (hueso fresco) se produce también este cambio de pendiente, ya que faltan los datos iniciales; sin embargo, en el trabajo de BENEVENT (1971) sí se pone de manifiesto esta discontinuidad para un intervalo de pesos coincidente con el mío (9-12 Kg. PVV). Resulta difícil precisar a qué se debe este cambio de pendiente, pero podría estar relacionado con una mayor actividad osificadora durante el

²² El cálculo de los dos tramos se ha hecho para todo el esqueleto seco, descontando los machos cornudos, aunque en la gráfica del esqueleto seco, sin cabeza ni patas (Fig. 5.3.7.), también se aprecia una discontinuidad en la recta de alometría.

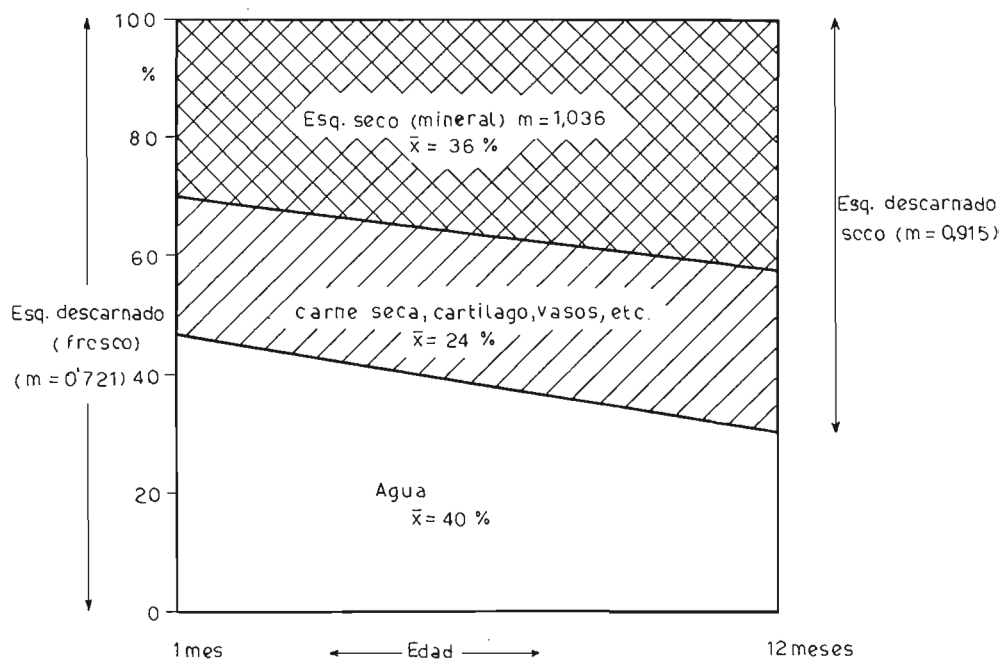


Fig. 5.7.

Evolución con la edad de los componentes acuoso y mineral del hueso "fresco" (Semiesquemático).

primer mes de vida, tal como se señala en el estudio sobre la osificación (GARCIA GONZALEZ, 1981 d).

Como síntesis, cabe observar en primer lugar las Figuras 5.8.1. y 5.8.2. En estas gráficas se ha tratado de representar de forma semiesquemática la evolución con la edad del peso de los principales tejidos y componentes corporales para ambos sexos, que se comentarán ampliamente en su conjunto más adelante; no obstante, se pueden adelantar brevemente las principales características destacadas hasta ahora, y referidas al tejido óseo:

- La producción de hueso mineral en el cuerpo permanece constante durante todo el período de crecimiento estudiado, adoptando valores iguales en los dos sexos (Tabla 5.17).
- La producción de hueso fresco disminuye muy rápidamente al principio, y más lentamente después, tal como corresponde a su crecimiento alométrico negativo²³.
- La proporción de hueso fresco es menor en las hembras ($m = 0,615$), que en los machos ($m = 0,756$), a causa de la mayor precocidad de éstas (Tabla 5.8).

Todos estos hechos sugieren la formulación de una serie de preguntas de cuyo planteamiento pueden extraerse hipótesis interesantes. En primer lugar, ¿por qué existe un distinto crecimiento alométrico entre hueso fresco y hueso mineral? La respuesta más plausible parece corresponderse con el proceso creciente de osificación del hueso cartilaginoso, más intenso en los primeros estadios vitales, con reducción paralela del contenido de agua, y que dentro del conjunto del hueso, produce un aumento de la sustancia mineral (Fig. 5.7). Este proceso hace que las diferencias en peso entre hueso fresco y hueso mineral disminuyan al crecer el animal, con lo cual la pendiente del primero se hace proporcionalmente más pequeña (para mayor claridad superponer las Gráficas 5.3.6 y 5.3.7.).

²³ Conviene aclarar que el porcentaje de hueso fresco de las figuras 5.8 no coincide con los de la tabla 5.17, debido a que éstos últimos están sobrevalorados al no haberse podido descarnar totalmente; así pues, los datos de la figura se han adaptado a partir de WALLACE (1948), CALLOW (1948) y CASTRILLO (1975).

Tabla 5.17.

Despiece de la canal fría: porcentaje respecto al peso de la canal fría y al peso vivo vacío.

% Ps. canal % PVV

N.º Indiv.	Riñones	Grasa perirr.	"Carne"	Esquel. descarn.	Esquel. descarn.	Esq. seco	"Carne"
1 1/3	1,3		56,4	42,3	21,4	3,7	28,6
2 2/3	1,2	3,2	71	21,5	(10,8) ⁽¹⁾	4,3	35,5
1 2/3	1		71,5	27,5	(13,9)	4,1	36
21	0,9	2,2	65,9	30,8	16,2	4,5	34,6
11	1,1	1,4	65,6	30,2	15,3	4,8	33,3
22	0,9	5,9	63,8	28,7	14,2	4,2	31,6
12	0,8	1,2	70	27,5	13,7	4,2	34,9
23	0,8	2,5	73,2	25,2	12,6	3,9	36,6
13	0,7	3,8	70,3	25,2	12,6	3,6	35,3
24	0,8	8,3	68,1	22,6	11,1	3,6	33,5
14	0,9	3,2	72,2	23,5	12	3,8	36,7
25	0,7	4,1	71	23,5	12,6	4,0	38
15	0,7	3,1	72,1	23,6	12	3,9	36,6
26	0,5	5,6	75	18,5	10,6	4,3	42,8
16	0,5	3,0	75	21,2	11,1	4,1	39,4
28	0,5	6,5	76,4	16,7	9,4	4,1	39,5
18	0,5	3,1	76,5	19,5	10,2	4,2	40
210	0,5	8,3	72,9	18	9,5	4,1	38,2
110	0,5	3,2	75	21,8	11,1	4,4	38,1
212	0,4	8,7	74,2	16	9	3,8	41,9
112	0,4	5,9	76,1	17,5	9,4	3,9	40,9
01	1,2	0,6	65,9	31,8	13,2	4,8	27,3
02	0,9	3	72	24	10,6	4,1	31,8
03	1	3,1	68,5	26,5	13,2	5,1	34,1
M1	0,6	2,8	72,2	24	12	5,0	36,2
M2	0,8	2,5	69,9	26,2	12,7	5,2	34
Mf	0,7	0,3	76,1	21,9	12,9	5,9	44,8

1 Datos entre paréntesis subestimados por excesivo descarnamiento.

Sin embargo, resulta destacable el que la cantidad relativa de hueso mineral se mantenga siempre constante (en relación al peso total) durante todo el proceso de crecimiento, y aun en los adultos (obsérvense los valores semejantes de éstos, Fig. 5.8.1. y 5.8.2 y Tabla 5.17); además, este hecho probablemente se corresponde con los resultados de trabajos sobre composición química corporal (CASTRILLO, 1975; ROBBINS y col., 1974), en los cuales se confirma que la proporción de cenizas permanece constante durante el crecimiento.

A este respecto puede pensarse que, tal vez para mantener la consistencia del esqueleto en su función de soporte, el cuerpo requiera siempre una cantidad constante de mineral; o que, debido al carácter de reservorio de fósforo y calcio del tejido óseo, señalado por varios autores (GRASSE, 1967; ZOBRINSKY, 1972), la porción mineral deba mantener constante su relación con respecto al total del cuerpo.

Por otra parte, también cabría preguntarse por qué mientras la totalidad del hueso presenta diferencias entre ambos sexos, uno de sus componentes —la sustancia inorgánica— no las presenta. Este planteamiento nos lleva a la conclusión de que si los machos tienen más hueso fresco que las hembras, y ambos tienen la misma cantidad relativa de hueso mineral, en realidad lo que sucede es que el hueso fresco de los machos posee mayor proporción de materia orgánica (Fig. 5.8.2.).

La posible explicación de este hecho tal vez puede encontrarse en los datos que nos proporciona la fisiología humana. Así, según GUYTON (1971, p. 1005), la testosterona ejerce un efecto sobre el crecimiento óseo y la retención del calcio. El mecanismo consistiría en que la testosterona hace aumentar la cantidad total de matriz ósea, sobre la cual se produce una retención cálcica, y este aumento parece depender de una anabolía proteínica general, causada por la testosterona; el depósito de sales cálcicas resultaría como un efecto secundario del aumento de matriz ósea. En general, parece comprobada la función de la testosterona sobre el anabolismo proteico, lo cual es causa de un aumento del metabolismo basal en los machos, un mayor desarrollo muscular,...²⁴. La capacidad de la testosterona para producir un aumento de la matriz orgánica del hueso parece la interpretación

²⁴ Este fenómeno estaría ligado al retraso en la osificación que se observa en los machos (ver GARCIA-GONZALEZ, 1981 d).

más lógica para explicar las diferencias óseas sexuales que se están comentando.

En cuanto a los porcentajes más altos de hueso fresco encontrados en los adultos, pueden explicarse por la falta de engrasamiento de éstos (si tuvieran más grasa, el PVV sería más grande, y el tanto por ciento de hueso más pequeño).

- Sistema muscular (carne).

Respecto al tejido muscular, tan sólo pueden darse referencias indirectas, ya que, como se dijo, no fue aislado en su totalidad. La que se ha considerado como "carne" es en realidad músculo más buena parte de grasa subcutánea, intermuscular e intramuscular; y correspondería, en las Gráficas 5.8.1. y 5.8.2., a todo lo que es canal excepto el "hueso fresco".

Tal vez convendría realizar aquí algunas aclaraciones sobre dichas figuras. Todos los porcentajes expresados por líneas continuas han sido calculados a partir de las rectas de regresión. Se ha preferido hacerlo así en lugar de usar porcentajes reales, para evitar la variación individual. Los de líneas a trazos han sido calculados a partir de otros autores (WALLACE, 1948, y CALLOW, 1948, principalmente). La evolución en el transcurso del crecimiento del hueso fresco es la misma que la del esqueleto descarnado, pero reducida en un 3-4% aproximadamente. La evolución del músculo y grasa de la canal se ha deducido a partir de los autores mencionados.

La pendiente de alometría de la "carne" es significativamente positiva (Tabla 5.7.) y no presenta diferencias sexuales (Fig. 5.3.6.). Los porcentajes que se expresan en la Tabla 5.17 están algo infravalorados, al no haberse apurado el hueso. Ya que la "carne" contiene gran cantidad de grasa (de pendiente alta), el coeficiente del músculo solo debería ser algo inferior al de la "carne" ($m = 1,106$). En principio, por los datos de otros autores (ver Tabla 5.16), parece que la pendiente del tejido muscular estaría muy próxima a la isometría. En los trabajos sobre composición química, el crecimiento de proteína también parece isométrico (CASTRILLO, 1975; ROBINS y col., 1974).

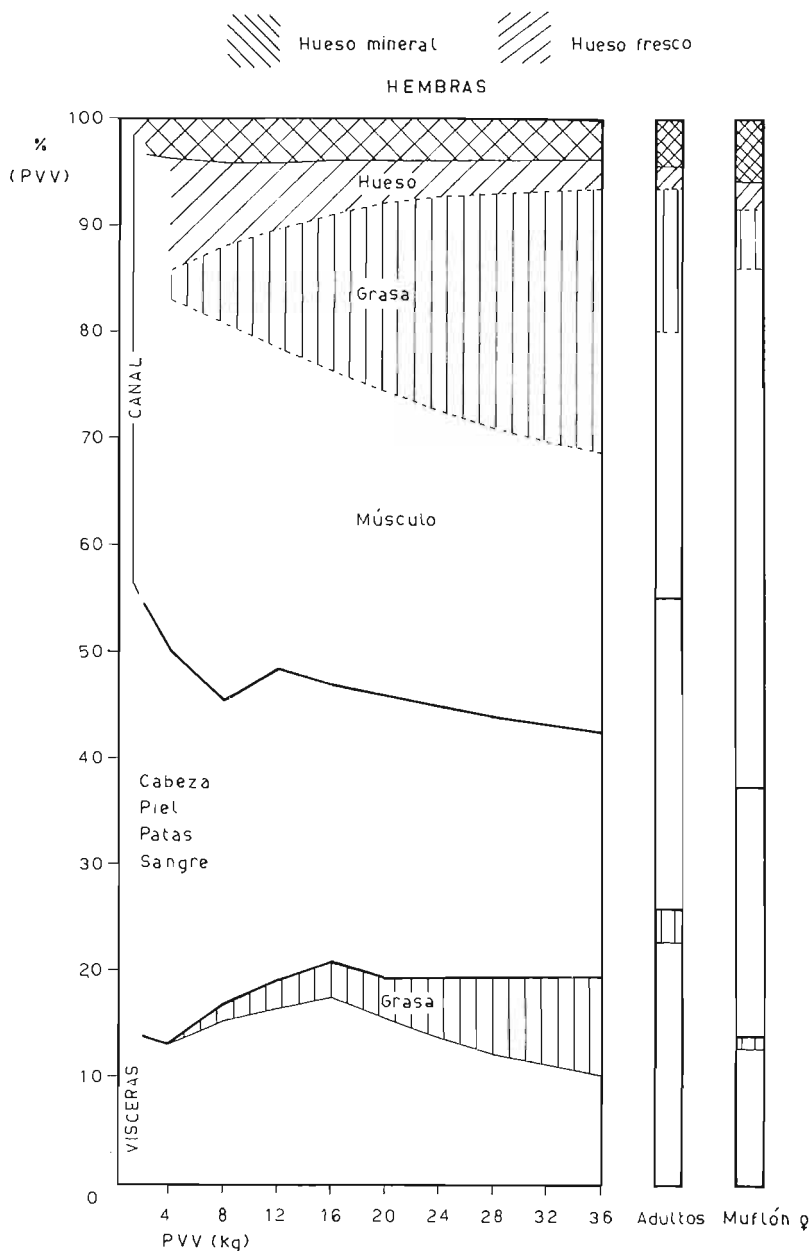


Fig. 5.8.1.

Evolución de los principales tejidos de los corderos durante el proceso de engorde en el primer año de vida (semiesquemático).

Líneas continuas: datos propios.

Líneas discontinuas: datos a partir de CALLOW (1948) y CASTRILLO (1975)

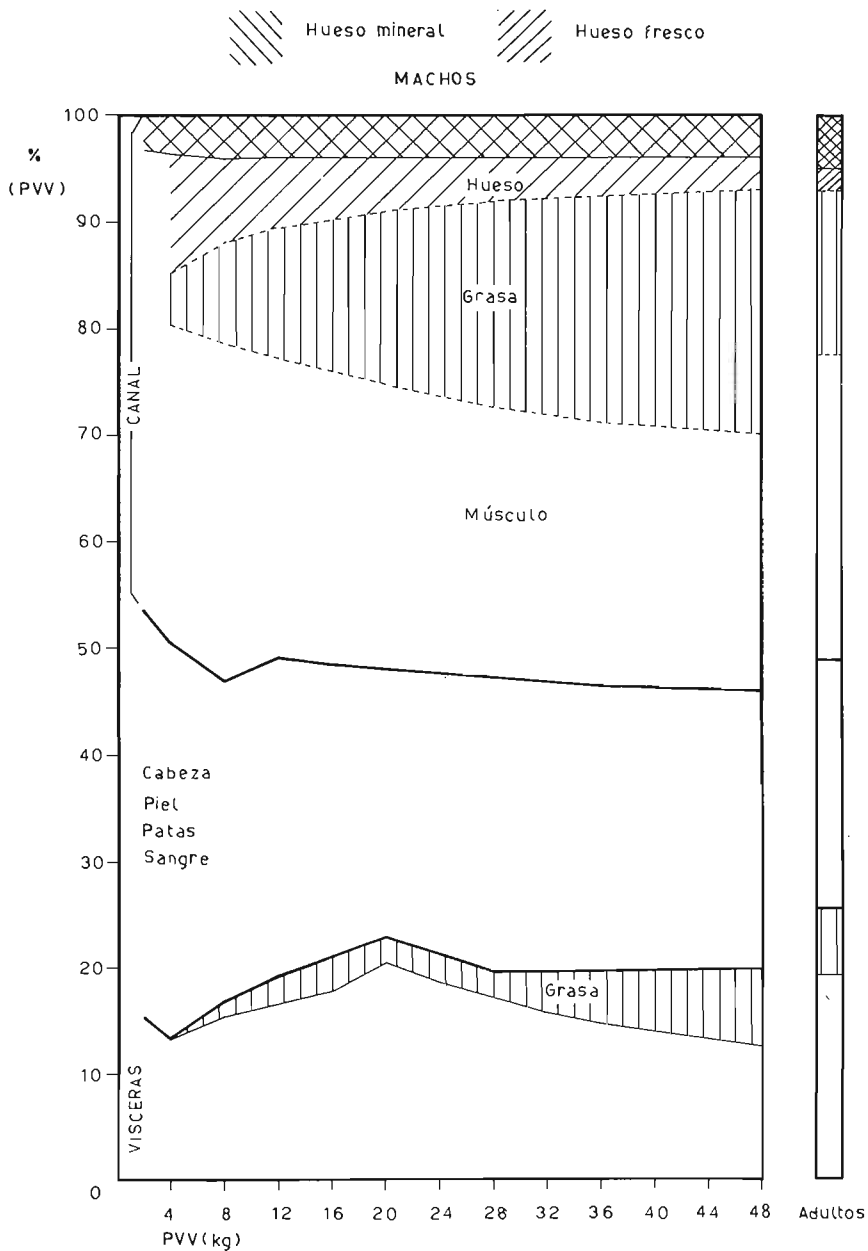


Fig. 5.8.2.

Evolución de los principales tejidos de los corderos durante el proceso de engorde en el primer año de vida (semiesquemático).

Líneas continuas: datos propios.

Líneas discontinuas: datos a partir de CALLOW (1948) y CASTRILLO (1975).

Como indican las Figuras 5.8.1. y 5.8.2., el porcentaje de músculo en el peso total se mantiene de forma similar en ambos sexos y presenta tendencia a disminuir con el aumento de peso, debido al desplazamiento sufrido por el incremento del tejido adiposo.

Desde el punto de vista aplicado, se ha venido mostrando interés en las relaciones que presentan entre sí los distintos componentes de la canal (RUSSELL & BARTON, 1967; JACKSON, 1967). Este último autor sugiere el empleo del método alométrico para poner de manifiesto las relaciones existentes entre el hueso y el músculo de la canal; indicando además su posible utilidad para detectar desviaciones sobre el patrón estándar, ya que, según su opinión, el coeficiente de alometría entre estas dos variables sufre pocas alteraciones entre razas o incluso especies. Por tal motivo, se ha calculado el coeficiente alométrico entre las variables "carne" y "hueso" (Tabla 5.7.), con los datos de nuestro estudio. Aunque en el trabajo de JACKSON (1967) se habla de músculo, no se menciona si éste ha sido separado de la grasa o no. En mi opinión, se trata más bien de "carne" que de tejido muscular solo, debido a la coincidencia de los resultados.

Observando la Tabla 5.18 se aprecia una cierta tendencia que sugiere la hipótesis de que dicho coeficiente alométrico está relacionado con la rusticidad de la raza, siendo menor cuanto más rústica es ésta. Así, la raza Suffolk —una de las más mejoradas de Inglaterra— poseería un valor alto, mientras que la Blackface —raza inglesa poco mejorada— poseería el mismo valor que la Aragonesa; y ésta, superior a la Churra —bastante rústica—.

En la Tabla 5.18 se exponen los resultados que proporciona JACKSON (1967), adjuntando los datos propios y los obtenidos a partir de CASTRILLO (1975).

Esta relación podría obedecer al principio de HAMMOND (1932), aludido en otras ocasiones (ver introducción a este capítulo), de que la mejora animal acarrea un mayor aumento en la proporción de los tejidos de desarrollo tardío (músculo), frente a los de desarrollo precoz (hueso).

Tabla 5.18

Coeficiente de alometría entre el peso muscular y óseo de la canal según varios autores.

Raza	Coeficiente alométrico	Fuente
Churra	1,33	CASTRILLO (1975)
Rasa Aragonesa	1,36	presente estudio
Blackface	1,36	JACKSON (1967)
Suffolk (cruce)	1,47	ELSLEY y col. (1964) ^a
Mezcla (híbridos)	1,41	TULLOH (1964) ^a

(a): según JACKSON (1967).

- Reservas adiposas controladas.

El tejido adiposo es el que presenta un desarrollo más tardío, y por tanto, un incremento más rápido; además resulta el más manipulable en selección y producción. Por esta razón, los valores de los coeficientes de alometría que se observan en la Tabla 5.16, para este tejido, son más variables que los demás. Es decir, las diferencias metodológicas existentes entre los diversos estudios (distintos períodos de crecimiento) se acusan más en el tejido adiposo por ser el último en desarrollarse.

Muchas veces resulta útil considerar el crecimiento del tejido graso como algo distinto del proceso de crecimiento global en los animales jóvenes. Así, en algunos trabajos normalmente relacionados con la evolución de la composición química corporal, se suele separar a éste del resto de los componentes corporales (BLAKE, 1967, p. 276; Escuela de REID, ver apartado 5.2.b.). Ello se debe a que, sobre todo en los animales adultos, los depósitos grasos dependen de la alimentación y pueden provocar oscilaciones considerables en el peso del animal; en este sentido, la grasa es considerada como causante de "interferencias", tal como podía serlo el contenido digestivo (ver apartado 5.2.). Sin embargo, como señala SPEDDING (1975, p. 119), "el depósito de grasa ocurre también durante el crecimiento y es parte del desarrollo".

En efecto, tal como ha sido comentado en otras ocasiones, la energía adquirida por un animal en crecimiento no se reparte por igual en todos los tejidos y partes del cuerpo, sino que se canaliza preferentemente hacia unos tejidos concretos, según un orden preestablecido. Si la mayoría de estos tejidos se encuentran en un estado de desarrollo avanzado, es cuando se desarrolla el tejido graso. No obstante, prácticamente desde los inicios de la vida postnatal, se van formando pequeñas cantidades de tejido adiposo, que pueden ir aumentando paulatinamente. A este respecto conviene tener en cuenta la distinción que realizan algunos autores (DUKES, 1969, p. 548; EMERY, 1972, ...) entre dos tipos de tejido graso: uno, de carácter más "estructural" (o elemento constante), y otro, con carácter de depósito, que sería más "movilizable" (elemento variable). Durante el proceso de crecimiento normal, se iría formando preferentemente el tejido graso de carácter más "estructural". Una vez desarrollados los elementos corporales más tardíos (aparato digestivo), y si el animal recibe un aporte energético superior al de sus necesidades, se formarían los depósitos grasos de carácter "movilizable" (preferentemente el subcutáneo e intermuscular). Este último proceso constituye lo que en la práctica de la producción animal se conoce como "cebamiento".

En la Tabla 5.7. se exponen los coeficientes de alometría para cada uno de los depósitos grasos considerados²⁵ y en la Fig. 5.3.4. se representan gráficamente. Como se observa, la suma total de grasa presenta un coeficiente bastante alto (crece a una velocidad doble que el cuerpo en general), y además, el crecimiento es mayor en hembras que en machos. El mayor depósito de grasa por parte de las hembras ya fue comentado en el apartado correspondiente (5.3.a) sobre las diferencias sexuales en el crecimiento. Se apuntó entonces que el mayor desarrollo graso en las hembras se debía a su mayor precocidad, entendiendo ésta como la capacidad

²⁵ Clásicamente, se suelen considerar seis zonas como lugares más importantes en cuanto a la acumulación de grasa (HAMMOND, 1932, p. 311); en la cavidad abdominal: la grasa *omental*, que rodea los estómagos y que popularmente se conoce con el nombre de "tela", y la grasa *mesentérica* o intestinal; formando parte de la canal se encuentran: la grasa *perirrenal*, conocida popularmente por "manteca", la grasa *subcutánea*, la grasa *intermuscular*, que se deposita entre los músculos individuales, normalmente al lado de los vasos sanguíneos, y la grasa *intramuscular*, conocida también como grasa de "veteado", que se encuentra entre las fibras individuales del músculo, o incluso dentro de ellas.

Como se ha señalado repetidas veces, los tres últimos depósitos no se aislaron en este trabajo por falta material de tiempo, aunque se calcularon otros dos, situados en la cavidad visceral: la grasa pericardiaca y traqueal, y la grasa del aparato urogenital (Tabla 5.6), cuantitativamente de menor importancia.

de formar antes los tejidos de desarrollo más tardío. El por qué las hembras tienen más desarrollada esta capacidad es una pregunta no exenta de complicaciones desde el punto de vista de la fisiología. En principio, existe una situación hormonal distinta entre ambos sexos, que puede ser la causa de algunas diferencias metabólicas y sus ulteriores consecuencias retroalimentarias. Así, parece comprobada en la especie humana la influencia de la testosterona sobre el aumento del anabolismo proteico, y el consecuente aumento del metabolismo basal (se cree que hasta un 5%); y también de los estrógenos, sobre la soldadura de epífisis en huesos largos, y la acumulación de depósitos grasos, sobre todo subcutáneos (GUYTON, 1971).

Por otra parte, puede pensarse que si, tal como sostienen algunos autores (REID, 1968; EVERITT, 1968), el factor más importante que determina la composición corporal es el peso total, éste serviría también para explicar la mayor precocidad de las hembras. Así, para un mismo peso vivo vacío (por ejemplo, 30 Kg.), las hembras se encontrarían bastante cerca de su tamaño y proporciones definitivas, por lo que casi habrían finalizado su desarrollo en nervio y hueso, aumentando algo en músculo, pero principalmente en grasa. En cambio, los machos, a los 30 Kg., todavía estarían lejos de su tamaño final, y se encontrarían aún "construyendo" hueso y músculo, en lugar de grasa.

Otro aspecto interesante a considerar es la gradación existente entre los diversos coeficientes alométricos de los depósitos que se han estudiado. En la Tabla 5.19 se han expresado dichos valores en orden creciente.

Tabla 5.19

Coefficientes de alometría para los diversos depósitos grasos por orden de precocidad.

Grasa	machos-hembras	hembras	machos
Perirrenal	1,48	1,71	1,72
Pericardíaca y traqueal	1,52	2,00	1,43
Mesentérica	1,62	1,94	1,47
Vís. torácicas + urogen.	1,68	2,16	1,39
Omental	1,96	2,17	1,87
Suma total	2,10	2,25	2,10

Este crecimiento diferencial dentro del tejido graso significa que, del mismo modo que existe un orden en el crecimiento de las distintas regiones y tejidos del cuerpo, existe también un orden definido respecto a las partes en que se deposita la grasa, acumulándose preferentemente en los lugares más precoces (es decir, de coeficiente alométrico más bajo), durante el proceso de engorde.

Este hecho ha sido señalado también por otros autores, que esencialmente coinciden con la ordenación propuesta, debiéndose añadir después de la grasa omental, la intermuscular, subcutánea e intramuscular, precisamente en ese orden. LOPEZ-SANCHEZ (1978), en un trabajo sobre corderos Rasos y cruces de los mismos, señala el siguiente orden: perirrenal, epiploica (omental), intermuscular y subcutánea. En el estudio reciente de BROAD & DAVIS (1980), la ordenación de los coeficientes de alometría proporciona el mismo resultado en cuanto al orden de precocidad: cavidad interna, intermuscular y subcutánea. Los resultados de BENEVENT (1971) coinciden también, excepto en que sitúa la intermuscular antes que la omental. Idéntico resultado obtienen VEZINHET & PRUD'HON (1975) para la misma raza (Merino de Arles). HAMMOND (1932), en terneros, y PALSSON (1955) (citado por HAMMOND, 1966), en ovejas, coinciden también en lo esencial. Por el contrario, el trabajo de Mc CLELLAND & RUSSELL (1972) indica que la tasa de acumulación de grasa química en los diversos depósitos varía según la raza ovina. No obstante, las grandes diferencias de su procedimiento experimental (sacrificio a pesos determinados, escaso número de animales, diferente tratamiento estadístico, ...) hacen muy difícil la comparación de sus resultados.

La diversa precocidad de los depósitos grasos puede repercutir en el comportamiento ontogénico de algunas variables, tal como se indicó con anterioridad, por ejemplo entre las vísceras torácicas y las abdominales (principio del apartado 5.3.d.). Y puede explicar también por qué el cambio de pendiente sucede antes en la variable "corazón más pericardio" que en la sangre (Fig. 5.4.).

En la Tabla 5.20 se ha querido expresar la importancia relativa de los depósitos grasos estudiados, dentro del conjunto del peso total. Se observa que en los animales más cebados, la grasa supone más de un 10% del peso del cuerpo vacío. Si se hubiese contabilizado también la grasa subcutánea e intermuscular, posiblemente se situaría en más de un 30% en estos indivi-

Tabla 5.20.

Pesos y proporción relativa de la grasa visceral, perirrenal y total respecto al peso vivo vacío; su evolución con la edad.

	Grasa Visceral	% (PVV)	Grasa Canal (riñ + pel)	% (PVV)	Total	% (PVV)
2 1/3a	34	0,7			34	0,7
1 1/3	21	0,4			21	0,4
2 2/3	42	0,6			148	2,2
1 2/3	88	1,2	106	1,6	88	1,2
21	134	1,7	90	1,1	224	2,9
11	145	1,7	61	0,7	206	2,3
22	317	2,5	370	2,9	687	5,5
12	328,5	2,3	86	0,6	414,5	2,9
23	442	3,1	180	1,2	622	4,3
13+	595+	2,8	403	1,9	998	4,7
24	1243	6,5	775	4,1	2018	10,6
14	1004	3,8	431	1,6	1435	5,5
25	846	3,9	478	2,2	1324	6,1
15	1074	4,1	409	1,6	1483	5,6
26	1284	4,9	835	3,2	2119	8,1
16	1356	3,7	578	1,6	1934	5,3
28	2529	7,6	1210	3,6	3739	11,2
18	2134	5,4	648	1,6	2782	7,0
210	3152	9,4	1463	4,4	4615	13,7
110	2550	5,3	785	1,6	3335	6,9
212	2728	8,3	1608	4,9	4336	13,2
112	4389	9,1	1528	3,2	5917	12,2
01	636	2,0	86	0,3	722	2,3
02	1119	3,7	409	1,3	1528	5,0
03	1091+	4,0	421	1,5	1512	5,5
M1	1477	3,3	640	1,4	2117	4,7
M2	1453	3,2	551	1,2	2004	4,4
Mf	184	1,1	34	0,2	218	1,3

(+) falta grasa intestinal.

duos. Puede apreciarse también la constante superioridad de los valores de las hembras frente a los de los machos de igual edad. En la misma tabla se ha separado la grasa de las vísceras de la perteneciente a la canal, es decir, la perirrenal. Esta última es la más precoz, mientras que la visceral posee un coeficiente alométrico alto ($m = 2,09$, Tabla 5.7.). Por esta razón, la importancia de los porcentajes es similar en los animales más jóvenes, pero después, la grasa visceral sobrepasa ampliamente a la perirrenal.

No obstante, las comparaciones entre las velocidades de crecimiento de la grasa visceral y la grasa de la canal resultan más interesantes cuando puede calcularse la totalidad de ésta última, ya que, como asegura HAMMOND (1966, p. 103) para el ganado vacuno, "cuando se ceba a una res, se deposita más cantidad de grasa en la canal que en las partes desechables, y así, el rendimiento de la misma aumenta". Se ha intentado calcular la totalidad de la grasa de la canal, a partir de datos propios y de los de CALLOW (1948) y CASTRILLO (1975), aplicando una doble regresión, que relacionara la grasa perirrenal con el peso vivo vacío, y la grasa total de la canal con la perirrenal. Los resultados se han expresado en las Figuras 5.8.1. y 5.8.2., y debido a los errores que se acumulan con dicho método, poseen sólo un valor indicativo. El resto de los valores de dichas gráficas (líneas continuas) se ajusta relativamente bien a la realidad de los obtenidos en este estudio. Las figuras muestran la evolución de los principales tejidos en la canal, y dado su carácter sintetizador, resumen una serie de hechos relativos a la evolución de la composición corporal, que comentaré a continuación.

- Resumen de la evolución de los tejidos y otros elementos anatómicos durante el primer año (Fig. 5.8.1. y 5.8.2.).
 1. El porcentaje de la canal (rendimiento canal) aumenta al incrementarse el peso total. Ello se debe a dos causas distintas: en los estadios tempranos del crecimiento (hasta los 8 Kg. PVV), la canal aumenta debido a que se reducen rápidamente las "partes desechables" (cabeza, piel y patas). El aumento posterior (más lento) se debe a la progresiva acumulación de grasa en la canal, más intensa en las hembras que en los machos.

2. A partir de los 6-7 Kg. de PVV (erupción de incisivos), se produce un fuerte desarrollo de las vísceras motivado por el rápido desarrollo del aparato digestivo, al que hay que añadir la acumulación de grasa visceral (omental y mesentérica), más temprana que la acumulación de grasa intermuscular y subcutánea.
3. El porcentaje de vísceras sigue creciendo hasta alcanzar un máximo (16 Kg. en hembras y 20 Kg. de PVV en machos), aproximadamente hacia los 3 meses. Como consecuencia, cesa el aumento del porcentaje de la canal, o incluso puede producirse un retroceso (Tabla 5.10) en ese estadio (Fig. 5.5.1. y 5.5.2.).
4. Cuando las vísceras han alcanzado su desarrollo definitivo, y debido al progresivo aumento de grasa en la canal, su porcentaje respecto al peso corporal disminuye. Ello podría redundar en beneficio del rendimiento de la canal, sin embargo no es así, debido a que prosigue también la acumulación de grasa en las vísceras, con lo cual su proporción respecto al peso total se mantiene y queda estabilizado en torno a un 20% aproximadamente (Tabla 5.10).
5. Los machos poseen un mayor desarrollo de vísceras sin grasa, sobre todo a partir de los 3 ó 4 meses; sin embargo, la acumulación de grasa visceral es menor que en las hembras, y esto hace que el porcentaje de las vísceras en conjunto se mantenga similar en los dos sexos.
6. En la canal, el desarrollo muscular es semejante en ambos sexos; el mayor almacenamiento de grasa en las hembras da lugar a que el rendimiento a la canal sea mayor en éstas.
7. La composición corporal de los adultos ilustra también la importancia del tejido graso sobre la modificación relativa de los restantes elementos. El bajo rendimiento a la canal de las hembras adultas se debe, por un lado, a la poca cantidad de grasa en la misma, y por otro, al alto porcentaje que ocupan las vísceras. Esto último podría estar provocado por un mayor desarrollo del aparato digestivo debido a diferencias en la alimentación, o bien a la modificación de las proporciones, producida precisamente por la falta de grasa. En los machos adultos, en los que el engrasamiento ha sido mayor, el rendimiento a

la canal es más alto, y la proporción de vísceras se parece más a la de los corderos mayores.

8. La composición corporal del muflón hembra parece contradecir todo lo dicho para los ovinos domésticos, ya que, a pesar del mínimo estado de engrasamiento, el rendimiento de la canal supera al de todos ellos²⁶ (Tabla 5.10). Este hecho contradice también las afirmaciones de HAMMOND (1932, p. 106) en el sentido de que las razas semisalvajes proporcionan menor rendimiento en canal. En principio, puede pensarse en dos causas para explicar la alta proporción de la canal: un gran desarrollo muscular y un bajo porcentaje de vísceras. Respecto al primero, cabe pensar en que una vez finalizado el desarrollo del tejido nervioso (ver alta proporción del cerebro, Fig. 5.3.3., y del tejido óseo, Fig. 5.8.1.), el animal utilizaría todos los aportes energéticos en la síntesis de músculo, de gran utilidad para su actividad vital. Debe añadirse a esto que la pobreza en la alimentación durante todo el período invernal (fue capturada a finales de febrero, Tabla 5.1), no permitió ningún sobrante energético para la acumulación de grasa. También resulta interesante destacar el peso relativamente bajo de la piel, debido a la escasez de lana, aspecto muy relacionado también con el depósito de grasa subcutánea.

En cuanto al bajo porcentaje de vísceras, pueden hacerse también varias especulaciones. Por un lado, cabe pensar en un desarrollo menor que los corderos, debido a una prolongada dieta de tipo lácteo (las proporciones relativas de los compartimentos del estómago son comparables al valor definitivo de corderos y adultos; sin embargo, las proporciones relativas de las longitudes del intestino (Tabla 5.15) y de los volúmenes (Tabla 4.14) parecen más retrasadas para la edad que le corresponde). Por otro lado, junto a lo expuesto, puede pensarse también que lo que hace disminuir el porcentaje de vísceras es la falta de grasa visceral. Una mayor cantidad de grasa omental, tal vez, haría disminuir el porcentaje de la canal.

En relación con este tema, hay que mencionar también el trabajo de ZAMORA (1974) sobre aspectos productivos de ciervos en crecimiento, los

²⁶ Debe tenerse en cuenta, sin embargo, la mayor precocidad general de los animales domésticos.

cuales presentan valores de rendimiento a la canal muy altos (59,3%), superiores —según el autor— a los de los corderos domésticos, incluidas las razas más mejoradas. KAY et al. (1981) señalan también mejores rendimientos cárnicos en las canales de ciervos, cuando se comparan con corderos.

Todo esto sugiere que tal vez debieran revisarse algunos conceptos clásicos de la Zootecnia, en el sentido de atribuir poca productividad a las especies salvajes frente a las domésticas.

5.4. *Síntesis y ensayo de interpretación global del crecimiento alométrico de órganos y sistemas.*

a). Comparación con otros estudios.

Antes de resumir los resultados del análisis alométrico expuesto y comentado a lo largo de este capítulo, parece obligada una sucinta comparación de los presentes resultados con los de otros autores. Como ya se ha tenido ocasión de indicar, los estudios base de comparación no son abundantes y, en muchos casos, no sólo se ha recurrido a reelaboración de protocolos de los autores, sino que ha sido necesario comparar con resultados de especies notablemente distintas. Se ha confeccionado así la Tabla 5.21, en la que se exponen las pendientes de los principales órganos y elementos corporales, y se comparan con los de otros autores. Esta Tabla se complementa con la Tabla 5.16, referente al crecimiento de los sistemas y tejidos.

Los datos propios se refieren a los coeficientes de alometría de los dos sexos juntos durante todo el período de crecimiento (1 año) de forma global, sin considerar las discontinuidades ni diferencias sexuales ya comentadas. Los valores de LARGE (1964) y WARDROP & COOMBE (1960) han sido obtenidos a partir de los datos brutos originales de dichos estudios. Como se indica, el primero ha trabajado sólo con hembras, y el segundo con machos castrados. Las pendientes alométricas de estos dos estudios se han comparado estadísticamente con los datos propios referentes a las hembras en el primer caso, y al conjunto de machos-hembras en el segundo. Las pendientes que resultaron significativamente distintas se han indicado en la Tabla 5.21, con el nivel de significación alcanzado.

Tabla 5.21

Comparación de los coeficientes de alometría de los órganos y tejidos principales con los datos de otros autores (h-m: hembras y machos juntos) (véase explicación en el texto).

Org. elemts	presente estudio (h - m)	LARGE (1964) hembras	WARDROP & COOMBE (1960) castrados	BENEVENT (1971) (h - m)	CANTIER (1969) conejo ^m
Superficie	0,731				
Sangre	0,944	0,883		0,712-0,922	0,94-m 0,98-h
Piel	0,956	0,831			0,79 0,81
	0,851				
	1,264				
Cabeza	0,640	0,699+			
Canal	1,056	1,123			
Pez + Caña	0,632	0,567			
Diaphragma	1,125				
Pulm + Tráq.	0,712	0,937+++	0,769		0,69 0,73
Corazón	0,696	0,784+	0,706	0,795	
Bazo	0,891		0,853	1,722-0,722	
Hígado	0,795	0,985+	0,749	1,122-1,103	0,94 0,89

Tabla 5.21 (continuación)

Comparación de los coeficientes de alometría de los órganos y tejidos principales con los datos de otros autores (h-m: hembras y machos juntos) (véase explicación en el texto).

	presente estudio (h - m)	LARGE (1964) hembras	WARDROP&COOMBE (1960) castrados	BENEVENT (1971) (h - m)	CANTIER (1969) conejo ^m
Org.elemts					
Riñones	0,597	0,732	0,682	1,233-0,790	0,70 0,63
Tracto digest.	1,111	1,428 +++	1,285 +	1,158-0,865	0,79 0,87
Estómagos vacíos	1,175				
Intestinos	1,085 (llen)				
Esófago	0,691		1,557 +++ 1,169 (vac)		
Páncreas	1,024				
Org. sex. (h)	1,172				
Org. sex. (m)	1,931				

Nota: las cruces indican el nivel de significación de la diferencia respecto a los datos propios. La primera cifra de los datos de BENEVENT se refiere al período de 4-9 Kg. de PVV, y la segunda, al de 9-25 Kg.

Los datos de BENEVENT (1971) resultan menos útiles para la comparación, debido a que el autor indica las pendientes por separado para los distintos períodos de crecimiento: desde 4 a 9 Kg. de PVV (1.^a cifra), y desde 9-25 Kg. (2.^a cifra).

Como puede observarse en la Tabla 5.21, los resultados obtenidos a partir de WARDROP & COOMBE (1960), resultan en general muy similares a los propios. Las únicas diferencias encontradas se refieren al tracto digestivo, y probablemente se deben a diferencias en la alimentación y al período de crecimiento considerado. Los obtenidos a partir de LARGE (1964) parecen en general más dispares, tanto con los propios como con los de WARDROP & COOMBE. Esta divergencia resulta más difícil de explicar, ya que, si bien respecto a los datos propios pueden argüirse diferencias de tipo racial y alimentarias, también éstas se produjeron respecto al trabajo de WARDROP & COOMBE. Observando los datos de LARGE, se aprecia que las diferencias significativas se producen en aquellos órganos más directamente relacionados con el metabolismo, y, sobre todo, llama la atención la elevada intensidad de crecimiento de los pulmones. Puede emitirse la hipótesis de que los corderos de LARGE, debido a unas circunstancias desconocidas (tal vez climáticas), presentaron una situación metabólica distinta (más intensa), lo cual incrementó la producción de calor y produjo un gran crecimiento de los órganos respiratorios, y consiguientemente, la mayor demanda energética provocó un desarrollo mayor del aparato digestivo. De cualquier forma, se trata de una hipótesis especulativa.

Los resultados de BENEVENT (1971) son más difíciles de comparar, debido a que se ha dividido el período de crecimiento en dos tramos. Sin embargo, el valor de los riñones y, sobre todo, del hígado parecen más altos en relación con los demás.

Los valores (referidos al conejo) proporcionados por CANTIER (1969), aun tratándose de especies distintas, no parecen discrepar demasiado con el resto, excepto en el crecimiento del tracto digestivo, lo cual resulta lógico debido a su peculiar desarrollo en los rumiantes.

b). Crecimiento en superficie.

Antecedentes y planteo. Con anterioridad (apartado 4.2.), se hizo referencia a la llamada *ley superficial*, mediante la cual RUBNER, a finales del siglo pasado (1883), establecía que la velocidad metabólica (producción de calor por unidad de tiempo) en animales de diferente tamaño es proporcional a su superficie, en lugar de serlo a su peso corporal. Durante todo este siglo, se han llevado a cabo multitud de experiencias y se han emitido numerosas hipótesis para tratar de comprobar y explicar esta relación, de las cuales KLEIBER (1972) realiza una buena síntesis.

Dada la dificultad de medir la superficie corporal con exactitud, se sugirió en un principio que la producción de calor se expresara como una función proporcional a la potencia $2/3$ del peso corporal, que es la relación superficie/volumen en cuerpos geométricos que crecen sin variar de forma. Posteriormente, sin embargo, se puso de manifiesto que esta relación no era la adecuada. A partir de mediciones del metabolismo basal en mamíferos, con escala de tamaños muy variada, BRODY (1945) encontró el valor de 0,73 para el exponente del peso (el denominado *peso metabólico*), y KLEIBER (1972) sugirió que debía utilizarse el valor de 0,75. En una conferencia internacional celebrada en 1964 se decidió adoptar éste último (Mc DONALD y col., 1975). Es decir, la reducción del metabolismo con el aumento de tamaño no se corresponde exactamente con la reducción de la superficie, sino que sería algo superior a ésta última.

Para tratar de interpretar la ley superficial se han emitido varias teorías. Entre las más convincentes se encuentra el argumento de que la pérdida de calor es proporcional al área superficial del cuerpo; por tanto, la producción de calor debe ser también proporcional si quiere mantenerse la homeotermia. También existen argumentos acerca de lo ventajoso de la reducción del metabolismo con el aumento de tamaño, en relación con la dinámica del transporte de oxígeno (BLAXTER, 1964, p. 87). BRODY y PROCTER, en 1932, formalizaron la ley superficial mediante la ecuación $M = 70,5 \times W^{0,734}$, lo cual significa que la producción de calor de los animales homeotermos equivale a 70,5 Kcal. diarias del peso metabólico. Sin embargo, la ley superficial está sujeta a excepciones, por ejemplo entre vacas y ovejas (BLAXTER, 1964, p. 97), y, por otra parte, las teorías propuestas para su explicación no implican relaciones de causalidad. Por esta razón,

debe ser tomada como una generalización, y por eso KLEIBER (1972, p. 186) enmarca su interpretación dentro de un contexto filogenético.

Lo expuesto hasta ahora se refiere a relaciones interespecíficas, pero según KLEIBER (1972, p. 196), en la predicción intraespecífica de la velocidad metabólica parece razonable adoptar también la potencia $3/4$ del peso corporal (en animales adultos). En lo que atañe a animales en crecimiento, las experiencias sobre el cálculo del metabolismo basal han sido menos numerosas. De todas formas, BLAXTER (1964, p. 93) demuestra que el metabolismo expresado por kg. de peso elevado a $0,73$ disminuye con la edad en carneros, aun después del segundo año de vida; y KLEIBER (1972) encuentra que la producción de calor expresada por unidad de peso metabólico coincide en las curvas de crecimiento de niñas y ratas. El mismo autor formula una ecuación para predecir la velocidad metabólica de ratas en crecimiento en función del peso elevado a $3/4$ y de la edad. GRAHAM et al. (1974) estiman que una gran parte (90%) de la varianza del peso metabólico de corderos en crecimiento se explica en relación con una potencia $3/4$ del peso corporal, aunque son necesarias otras variables (edad, velocidad de crecimiento, ...) para un cálculo más preciso del mismo. POCZOPKO (1979) indica también el valor $0,75$ como potencia del peso para estudios comparativos de homeotermos en crecimiento, aunque en casos concretos existen desviaciones importantes del modelo.

Por todo lo dicho y en lo que se refiere a nuestros resultados, parece razonable pensar que el metabolismo de los corderos pequeños sea proporcionalmente mayor que el de los corderos más grandes, y posiblemente esta disminución de metabolismo pueda estar relacionada con la potencia $0,73$ ó $3/4$ del peso corporal.

Discusión. Se ha indicado más arriba que, ante la dificultad de medir con precisión la superficie animal, se adoptó el valor teórico de $2/3$ para la relación superficie-volumen. Después, éste fue rechazado en favor del valor $0,73$ ó $0,75$, obtenido experimentalmente. Esto hizo pensar que la velocidad metabólica no se adapta estrictamente a la ley superficial.

En el transcurso de la presente investigación, no se ha medido la producción calorífica de los corderos, debido obviamente al carácter anatómico del mismo y a la falta de instrumental adecuado; no obstante, se procuró hacer una estima del crecimiento de la superficie. Aunque la metodología

utilizada fuese muy rudimentaria (ver apartado 4.2.), se pensó que las medidas obtenidas serían al menos proporcionales a la superficie real, y que, por tanto, el valor de la pendiente alométrica no se vería afectado. En efecto; si Se es la superficie experimental obtenida; Sr, la superficie real; P, el peso vivo vacío, y m, la pendiente alométrica, tendremos:

$$Se = K_1 \times Sr$$

$$Se = K_2 \times P^m$$

$$Sr = \frac{K_2}{K_1} \times P^m = K_3 \times P^m$$

con lo cual el coeficiente de alometría se conserva²⁷.

Lo que resulta destacable es que la pendiente alométrica obtenida tiene un valor de $m = 0,731$ (Tabla 5.7. y Fig. 4.2.2.), y por tanto, coincide totalmente con los valores expuestos antes para la relación entre el peso y el metabolismo basal, aceptados actualmente.

Este resultado sugiere que si realmente la superficie de los corderos varía con la potencia 0,73 del peso vivo vacío, y si su metabolismo varía proporcionalmente a esa potencia, éste estaría directamente relacionado con la superficie, *lo cual supone una confirmación de la ley superficial original*, al menos para los corderos de este estudio. Es decir, que la relación superficie-volumen se adapta mejor a una potencia 3/4 que a la supuesta de 2/3 para animales en crecimiento.

c). Ensayo de interpretación fisiológica del crecimiento alométrico de órganos y tejidos.

Centrándonos en los coeficientes de alometría obtenidos en este trabajo (1.ª columna de la Tabla 5.21), y partiendo de la hipótesis de que el coeficiente alométrico de la superficie está directamente relacionado con la

²⁷ Factores que pueden hacer variar el valor de K_1 , tales como tamaño (edad) o tiempo de secado de la piel, se han considerado de escasa importancia (apartado 4.2.).

velocidad metabólica, puede resultar de interés hacer unos comentarios finales acerca de los distintos valores hallados y su aplicación al estudio de la dinámica del crecimiento.

En primer lugar, si la velocidad metabólica posee una pendiente semejante a la superficie, significa que el metabolismo basal es más intenso en los primeros estadios del crecimiento que en los adultos²⁸. A este respecto, BLAXTER (1964, p. 91), cuando habla de la contribución metabólica de los órganos y tejidos aislados al metabolismo total, sugiere que la causa de esta disminución metabólica podría encontrarse en el desarrollo diferencial (es decir, alométrico) de los mismos. El aumento proporcional de aquellos elementos metabólicamente menos activos (lana, tejido adiposo tal vez) provocaría un descenso general del metabolismo.

Por otra parte, en la Tabla 5.21 (datos propios) puede observarse que algunos órganos presentan pendientes parecidas a la correspondiente de superficie. Tales órganos serían los del aparato respiratorio, el corazón, el hígado y tal vez los riñones. Es decir; los órganos que en principio parecen más directamente relacionados con el metabolismo crecen al mismo ritmo que la superficie. Así, en la Tabla 5.22, se han comparado los coeficientes de alometría de varios órganos con respecto a la superficie. Se observa que los pulmones, el corazón y el hígado no difieren significativamente; los riñones sí; sin embargo, la diferencia no es significativa cuando se incluyen todos los datos, es decir, los dos primeros considerados prenatales ($m = 0,653$, Tabla 5.7.).

Existe, en cambio, otro grupo de elementos y órganos, cuyo crecimiento parece más relacionado con el peso total, y, por tanto, se acercan

²⁸ Este es uno de los puntos en que más claramente destaca la necesidad de la colaboración del fisiólogo con los datos aportados por el anatómico, realizando un ulterior planteamiento conjunto de la dinámica del crecimiento. El estudio de los incrementos en el metabolismo basal a distintas edades permitiría ampliar mucho más todo lo deducido mediante el estudio de las proporciones corporales. A primera vista, parece lógico que el incremento de metabolismo durante la etapa postnatal no esté solamente relacionado con la superficie corporal en su aspecto cuantitativo, sino también con la actividad muscular, que parece intensa en el cordero; con los mecanismos pasivos de aislamiento del medio interno con el externo, seguramente menos defendido; y también con el desgaste energético que debe suponer la creación y aposición de nueva estructura corporal. Sin embargo, también es posible que cierta acción "dinámico específica" paralela compense y satisfaga las necesidades de mantenimiento de temperatura sin ulterior necesidad catabólica complementaria. Sea como fuere, la relación aquí hallada puede considerarse un resultado de aceptable interés para la metodología somatométrica aquí exclusivamente utilizada (Nota E. Balcells).

Tabla 5.22

Comparación de los coeficientes de alometría de la variable superficie y otras variables de pendiente similar.

Variables	Coef. alom.	Grad. liber.	S ² _{yx}	F	Niv. sig.
Superficie Pulmones	0,7310 0,7119	47	0,002760	0,34	n.s.
Superficie Corazón	0,7310 0,6964	47	0,002406	1,30	n.s.
Superficie Hígado	0,7310 0,7948	47	0,004229	2,22	n.s.
Superficie Riñones (sin 200a ni 200b)	0,7310 0,5497	44	0,002879	19,10	+++
Superficie Riñones (total datos)	0,7310 0,6525	46	0,003977	3,87	n.s.
Superficie Bazo	0,7310 0,8913	46	0,018560	8,01	++
Superficie Hueso fresco	0,7310 0,7207	40	0,002069	0,04	n.s.

más a la isometría respecto al peso. Entre ellos se encontrarían la sangre, lógicamente más relacionada con el volumen, y la canal, aunque más propiamente deberían ser las masas musculares (la canal presenta alometría positiva, y como ya se explicó, existe una interferencia entre sus componentes tisulares: hueso, músculo y grasa, con crecimientos muy dispares, apartado 5.3.c.). El crecimiento del peso de la piel también presenta isometría con el peso vivo, considerado globalmente; sin embargo, presenta dos fases claramente diferenciadas por el aumento de la lana (apartado 5.3.c.), Tabla 5.9). El crecimiento del bazo parece más bien vinculado al de la sangre (apartado 5.3.d., Tabla 5.11).

Respecto a los órganos del aparato digestivo, si consideramos el crecimiento global, éste resulta alométrico positivo. Sin embargo, tal como se demostró en detalle (apartado 5.3.d., Tabla 5.9), varía mucho según el período de edad que se considere. La fase de crecimiento intenso se presenta entre los 20 días y 3 meses; después, existen períodos en que es isométrico o con alometría negativa. Su crecimiento parece así depender del particular desarrollo de este aparato en los rumiantes.

Otra cuestión interesante la constituyen las diferencias de crecimiento que se observan entre el corazón y la sangre. El coeficiente alométrico del primero está más relacionado con la superficie, y la segunda, con el volumen. La aparente disminución del tamaño del corazón en relación con el volumen de sangre que ha de bombear podría compaginarse "modulando la frecuencia de los latidos cardíacos y el volumen del pulso, escogiendo siempre la vía media entre dos posibilidades", según sugirieron SARRAUS y ROMEAUX en 1939 (citados por KLEIBER, 1972). El mismo autor comenta más adelante (pág. 179) que

"si suponemos que el volumen por latido del corazón es de hecho exactamente proporcional al peso del cuerpo, y que la velocidad del pulso lo es a la potencia menos un cuarto del peso corporal ($P = 186 \times W^{-1/4}$) entonces la intensidad de flujo sanguíneo (capacidad cardíaca) es proporcional a la potencia $3/4$ del peso corporal. Esta relación es totalmente consecuente con el resultado empírico del metabolismo basal";

y en nuestro caso, con la pendiente alométrica de la superficie.

Respecto al hecho de que el crecimiento del hueso fresco esté más relacionado con la superficie (Tabla 5.22), y el del hueso mineral lo esté con el peso total, tal como se destacó en el apartado dedicado al crecimiento de sistemas, ignoro si puede ser fruto de la casualidad; por el momento, la coincidencia escapa a cualquier interpretación lógica; no obstante, se trata de un punto que merece futuras reflexiones de interés.

Algunas de las diferencias sexuales encontradas (apartado 5.3.a.) parecen también relacionadas con situaciones metabólicas distintas. Según McDONALD y col. (1975, p. 263), el metabolismo basal suele ser más elevado en los machos que en las hembras. Esto explicaría tal vez las diferencias de crecimiento del aparato respiratorio en los machos, o la mayor predisposición a la acumulación de grasa por parte de las hembras; todo ello relacionado con estados hormonales distintos, tal como se ha comentado a lo largo del capítulo (apartado 5.3.e.), y, sin duda, conduciría a la consideración de los tipos constitucionales, y a ulteriores enfoques de adaptación ('mejora') de la raza, según tipos de explotación racial y calidades de producto.

Resumiendo, puede decirse que el crecimiento diferencial de los órganos y elementos corporales *podría estar relacionado con la situación metabólica particular en cada estadio del crecimiento, adaptándose en unos casos al crecimiento en superficie, y en otros, al crecimiento en peso*. En general, parece que la tendencia es *la disminución proporcional del gasto metabólico con la edad*, y podría estar motivada por el aumento proporcional de aquellos órganos o tejidos metabólicamente menos activos. Dicha tendencia se agudiza en las hembras.

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo es un estudio sobre el crecimiento, donde el material experimental utilizado lo constituye un mamífero ungulado, en este caso el ovino aragonés ansoetano. Dicho estudio se ha realizado comparando la anatomía de animales en distintas fases de crecimiento. Se ha procurado interpretar los cambios anatómicos a la luz de los procesos fisiológicos subyacentes, por lo que puede considerarse un estudio de morfología funcional. Sus objetivos generales consisten en averiguar de qué forma el animal se desarrolla; mediante qué transformaciones accede a su forma definitiva; y, en la medida de lo posible, dilucidar qué relación existe entre este proceso y el pasado filogenético del organismo. El trabajo no tiene como objetivo observar la influencia del ambiente en el crecimiento, sino más bien poner de manifiesto la componente genética del mismo.

Para ello, se ha partido, en primer lugar, del estudio global del peso vivo (cap. 3), tanto de los adultos como de los corderos. En segundo lugar, se aborda el estudio de la forma y de los cambios que experimenta durante el crecimiento (apartado 4.1.), partiendo para ello de datos somatométricos (medidas longitudinales externas) y ensayando el ajuste de modelos matemáticos de crecimiento de tipo general. Además, se estudian ciertos aspectos del sistema tegumentario (crecimiento de la lana, apartado 4.3.) y del crecimiento de la piel (apartado 4.2.), que tiene repercusiones interesantes por las relaciones existentes entre la tasa metabólica y la superficie.

A continuación, se exponen los resultados sobre la anatomía interna (cap. 5), estudiando la evolución de los componentes corporales desde tres puntos de vista: el crecimiento de los elementos que componen el primer despiece (en sentido carnicero, apdo. 5.3.c.), el de los principales órganos y aparatos (apdo. 5.3.d.) y el crecimiento de los sistemas (nervioso, esquelético, muscular y adiposo) (apdo. 5.3.e.). Al mismo tiempo, se describen las diferencias del desarrollo según el sexo (apdo. 5.3.a), y las alteraciones que se producen en el ritmo normal del crecimiento de determinadas variables, generalmente relacionadas con procesos hormonales (apdo. 5.3.b.). Posteriormente, se intenta realizar una interpretación global del desarrollo interno, desde la perspectiva de los cambios metabólicos que experimentan los animales homeotermos durante el crecimiento (apdo. 5.4.).

Metodología

En el momento de nacer, fueron seleccionados al azar y marcados 30 corderos de ambos sexos, provenientes de partos únicos, de un rebaño de ovinos de raza Rasa Aragonesa ecotipo Ansotano. Desde el momento en que nacieron hasta la edad de un año, fueron pesados y medidos externamente con intervalos de 10 días hasta los 2 meses, y de un mes hasta la edad de un año. A la vez, se tomaron muestras de lana de varias regiones del cuerpo. Con los datos de pesos se han elaborado las curvas de crecimiento que se exponen en el capítulo 3, y con las medidas externas y parte de las muestras de lana, se ha realizado el estudio morfológico desarrollado en el capítulo 4. Los datos de peso y medidas externas de adultos se tomaron a partir de una muestra de 30 hembras y 3 machos.

Al tiempo que se realizaban estos controles, se extraía una pareja de animales del lote para llevar a cabo los estudios *post-mortem*, a las siguientes edades: 0, 10, 20 y 30 días; 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 y 12 meses. Estos animales fueron sacrificados, y con ellos se obtuvieron los datos sobre el crecimiento de órganos y sistemas, estudiado en el capítulo 5. También se dispuso de 3 hembras y 2 machos adultos, y un muflón hembra de la sierra de Cazorla, que suministraron material comparativo.

La serie de operaciones realizadas cuando se sacrificaron los animales se explica detalladamente en el epígrafe de material y métodos del capítulo 5 (apartado 5.2.). De forma muy sumaria, puede decirse que cada uno de los

animales fue diseccionado de igual modo, y se procuró pesar el mayor número posible de vísceras y órganos, dentro de los límites que imponía el tiempo. Se realizaron también mediciones de la longitud de las distintas partes del intestino. La cabeza fue objeto de especial estudio, sobre todo por lo que se refiere al crecimiento del encéfalo, cristalinos y dentición.

Posteriormente, las canales fueron descarnadas, separando el esqueleto por un lado, y la "carne" (músculo más tejido adiposo) por otro. Cada uno de los esqueletos fue preparado con la técnica habitual utilizada para los ejemplares de museo o colecciones. Casi todos los elementos óseos de dichos esqueletos fueron medidos y pesados, y con ellos se realizó el estudio de la osificación, así como el del crecimiento diferencial. Fueron estudiadas también las anomalías óseas de más frecuente aparición. El crecimiento del esqueleto se desarrolla en GARCIA-GONZALEZ (1981, a, b, c y d).

El tratamiento de los datos se comenta en el capítulo 2, sobre material y métodos (apartado 2.2.). Esencialmente se han utilizado tres tipos de tratamiento: ajuste de las curvas de crecimiento de Bertalanffy, crecimiento alométrico y análisis proporcional o porcentual (GARCIA-GONZALEZ; 1986).

Crecimiento ponderal (cap. 3): Se hacen unas consideraciones preliminares acerca del peso definitivo o adulto de la población, que se establece en $39,34 \pm 0,99$ Kg, para las hembras, y $51,15 \pm 3,67$, para los machos. A partir de las curvas de crecimiento de los corderos estudiados (Fig. 3.1.), se observa que al término del año, los machos han alcanzado el peso adulto, y las hembras el 90% del mismo. Las notables tasas de crecimiento observadas se deben a las buenas condiciones alimentarias a que estuvieron sometidos (alimentación *ad libitum*, ver apartado 2.3.c). Las razones del empleo de tal nivel nutritivo se hallan en las primeras páginas de la introducción (cap. 1).

Normalmente se acepta que los ovinos domésticos alcanzan el desarrollo definitivo a la edad de 4 años; sin embargo, la mayor parte del crecimiento (al menos ponderal) tiene lugar durante el primer año. Durante este intervalo, los corderos estudiados alcanzaron la madurez sexual, y consiguieron el total desarrollo de casi todas las dimensiones y órganos, con pocas excepciones (por ejemplo, profundidad del tronco, peso del encéfalo, ...).

Crecimiento externo (cap. 4): Se realizó a partir de las mediciones externas que se describen al principio del capítulo (Fig. 4.1.0.). Los resultados se analizaron por medio del ajuste a las curvas de crecimiento de BERTALANFFY (1968). Después de poner de manifiesto la validez de dicho modelo, en su aplicación al caso de los ungulados (Fig. 4.1.3), se extrajeron las siguientes conclusiones.

Las distintas regiones del animal no crecen de la misma manera. Existe, por ejemplo, una clara diferenciación entre las dimensiones relativas al tronco y las de las extremidades. Las primeras presentan un tamaño relativamente pequeño al nacer, y experimentan un fuerte crecimiento, sobre todo en las etapas iniciales del mismo. Con las extremidades sucedería justo lo contrario. Las dimensiones del tronco y de los miembros se encontrarían, así, en fases distintas del desarrollo logístico general (Fig. 4.1.5.) en el momento de nacer.

La tendencia evolutiva parece, pues, haber actuado en el sentido de favorecer un crecimiento grande de los órganos de la locomoción durante el período prenatal, de tal forma que, al nacer, el animal goza de un notable desarrollo de los mismos¹, mientras que se mantiene baja la tasa de crecimiento de las regiones del tronco. Poco después del nacimiento, prevalecerían las funciones de aprovechamiento energético (digestión, respiración, masticación), y tal vez alguna específica de la locomoción (propulsión al salto: desarrollo de la región femoral), característica del Orden, invirtiéndose la situación anterior.

En la cabeza, la situación es un poco más particular, pero todo hace suponer que las dimensiones relacionadas con la masa cerebral sufren un tipo de crecimiento relativamente parecido al de las extremidades (tal vez con una velocidad algo superior), y que las relacionadas con la parte facial (masticación, olfato) experimentan un crecimiento más parecido al de las dimensiones del tronco.

El orden en que se realiza la mayor intensidad de crecimiento resulta ser: para el tronco, las dimensiones de anchura, longitud y profundidad. En

¹ Esto permite, por ejemplo, poder seguir a su madre pocas horas después de nacer (nidifugismo).

las extremidades se observa un gradiente en que la intensidad de crecimiento disminuye desde los segmentos proximales a los distales (Tabla 4.1.13).

Crecimiento de la lana (apartado 4.3.):

- *Tanto la finura (diámetro de la fibra) como la cantidad de grasa aumentan con la edad. La correlación ofrece un mejor ajuste cuando se relaciona con el peso vivo del animal.*
- El análisis de la medulación ha revelado que *existen distintos tipos morfológicos de fibras meduladas (pelos), diferenciables por la cantidad de medulación (Fig. 4.3.5) y el grosor (a más médula, más grosor)*. Estas diferencias son estadísticamente significativas.
- En general, existen evidencias de que el número de fibras meduladas disminuye al aumentar la edad (Tabla 4.3.4). Parece también que las fibras que quedan en los corderos mayores son más gruesas y con una variabilidad de diámetros mayor que en los animales jóvenes.
- Se especula con la posibilidad de una evolución de la fibra medulada a la fibra de lana.

Crecimiento de los órganos y sistemas (cap. 5): Por un lado, se ha puesto en evidencia que existen variables cuyos *crecimientos son significativamente distintos en machos y en hembras. Tales variables son: el peso de la piel, canal de la res, pulmones, órganos sexuales, sistema esquelético y adiposo*. También hay diferencias sexuales en el último tramo del desarrollo de algunos órganos viscerales, sobre todo digestivos. Tales diferencias cabe interpretarlas como el resultado de un aumento relativo del metabolismo en los machos, y de los distintos efectos de las hormonas sexuales.

Resulta prácticamente imposible describir aquí las características del crecimiento de cada uno de los elementos y órganos estudiados, aunque sea de forma muy sumaria. Uno de los más característicos es el del tracto alimentario. Su crecimiento alométrico presenta un aspecto sigmoidal (Fig. 5.3.2.), que puede interpretarse según los cambios funcionales de los diversos compartimentos del estómago, entre los 20 días y los 2-3 meses. Estos cambios se relacionan a su vez con el régimen alimentario.

El crecimiento de la longitud del intestino ha puesto también en evidencia la distinta evolución de sus componentes. Así, mientras *el intestino delgado prácticamente interrumpe su crecimiento a partir de los 2 meses en las hembras, y de los 4 en los machos* (coeficiente alométrico: $m = 0,864$), *el intestino grueso prosigue su crecimiento durante todo el año* (alometría positiva, $m = 1,730$). Se interpretan tales diferencias como una *posible adaptación que aumentaría la eficiencia en la absorción de la celulosa*, al aumentar la edad (apartado 5.3.d.).

Los cambios significativos de pendiente (coeficientes de alometría) que se observan en la evolución de diversos órganos (Fig. 5.4.), se producen mayoritariamente a los 10 kg, y entre los 20-25 kg de peso vivo vacío (PVV). Tales cambios pueden relacionarse con alteraciones fisiológicas notables: adaptación al régimen alimentario (tracto digestivo); posible inicio de la pubertad en los machos (peso de los testículos), o cambios hormonales (desarrollo de los cuernos, involución del timo, aumento del peso de la piel, como consecuencia del rápido crecimiento de la lana, ...).

En cuanto al crecimiento de los cuatro sistemas estudiados, puede decirse que evolucionan según el siguiente orden de precocidad: nervioso (encefalo, $m = 0,237$); óseo ($m = 0,721$); "carne" (músculo más grasa, $m = 1,106$) y adiposo (excepto tejidos grasos contenidos en la canal, $m = 2,097$). Este orden estaría en consonancia con el ya clásico de HAMMOND (1966).

El tejido óseo presenta diferente crecimiento según se considere solo el "hueso mineral" (crecimiento isométrico, $m = 1,03$) o junto con la sustancia orgánica (alometría negativa, $m = 0,721$).

Parece que existen evidencias de que el coeficiente de alometría entre el peso del tejido óseo y muscular puede ser un buen índice para detectar la rusticidad de una raza (Tabla 5.18).

El tejido adiposo presenta durante el proceso de engorde el siguiente orden de precocidad (Tabla 5.19): perirrenal, pericardíaca y traqueal, mesentérica, omental y "grasa" de la canal (intermuscular, subcutánea e intramuscular). Esto significa que durante el proceso de engorde, los lípidos se depositan preferentemente en los lugares más precoces o de coeficiente alométrico más bajo.

Las Figuras 5.8.1 y 5.8.2 resumen bien las principales características de la evolución de la composición corporal. De ellas se desprende:

- *El porcentaje de la canal (rendimiento canal) aumenta al incrementarse el peso total.* Ello se debe a dos causas distintas: en los estadios tempranos del crecimiento (hasta los 8 kg PVV), la canal aumenta debido a que se reducen rápidamente las "partes desechables" (cabeza, piel y patas). El aumento posterior (más lento) se debe a la progresiva acumulación de grasa en la canal, más intensa en las hembras que en los machos.
- A partir de los 6-7 kg de PVV (erupción de incisivos) se produce un fuerte desarrollo de las vísceras, motivado fundamentalmente por el rápido incremento del aparato digestivo. A ello hay que añadir la deposición de grasa visceral (omental y mesentérica), más temprana que la acumulación de grasa intermuscular y subcutánea.
- El porcentaje de vísceras sigue creciendo hasta alcanzar un máximo (16 kg en hembras y 20 kg de PVV en machos), aproximadamente hacia los 3 meses. Como consecuencia de ello, cesa el aumento del porcentaje de la canal, o incluso puede producirse un retroceso (Tabla 5.10) en ese estadio (Fig. 5.5.1. y 5.5.2.).
- Cuando las vísceras han alcanzado su desarrollo definitivo, y debido al progresivo aumento de grasa en la canal, su porcentaje respecto al peso corporal disminuye. Ello podría redundar en beneficio del rendimiento de la canal; sin embargo, no es así, debido a que prosigue también la acumulación de grasa en las vísceras, con lo cual su proporción respecto al peso total se mantiene y queda estabilizada en torno a un 20% aproximadamente (Tabla 5.10).
- *Los machos poseen un mayor desarrollo de vísceras sin grasa,* sobre todo a partir de los 3 ó 4 meses; sin embargo, la acumulación de grasa visceral es menor que en las hembras, y esto hace que el porcentaje de las vísceras en conjunto se mantenga igual en los dos sexos.
- Se sugiere también que tal vez deberían revisarse algunos conceptos clásicos de la Zootecnia (HAMMOND) que atribuyen rendimientos cárnicos menores a las especies salvajes frente a las domésticas.

Como síntesis de este capítulo (apartado 5.4.), *se ha efectuado una estima del crecimiento de la superficie de los animales sacrificados. Se observa que su coeficiente alométrico ($m = 0,731$), respecto al peso corporal, coincide perfectamente con el establecido por los datos empíricos del metabolismo basal.* Se sugiere que ello puede representar una moderna confirmación de la ley superficial (relación superficie-volumen) de RUBNER.

A partir del análisis de los coeficientes de alometría, se observa que *existe un grupo de órganos, en principio más relacionados con el metabolismo* (pulmones, corazón, hígado y riñones), *que crecen al mismo ritmo que la superficie* (las pendientes no difieren significativamente). En cambio, *existe otro grupo de elementos y órganos* (sangre, bazo, músculo) *cuyo crecimiento parece más relacionado con el peso total*, y por tanto, se acercan más a la isometría. En general, parece que la tendencia durante el crecimiento sería la disminución proporcional del gasto metabólico con la edad. Ello podría estar motivado por el aumento proporcional de aquellas partes y tejidos metabólicamente menos activos (lana, grasa tal vez), y por la disminución relativa del peso de aquellos tejidos metabólicamente más activos (sistema nervioso). Esta tendencia se agudiza en las hembras.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL., *Necesidades nutritivas de los animales*, n.º 2 Rumiantes, Ed. Academia, León, 1968, 380 pp.

ALCOBE, S. y PREVOSTI, A., *Estudios acerca del crecimiento diferencial en el hombre según la función alométrica*, "Mem. Acad. Ciencias y Artes de Barcelona", XXX (Barcelona, 1950), pp. 293-316.

ANNISON, E.F. y LEWIS, M.A., *El metabolismo del rumen*, Ed. Hispano Americana, México, 1966, 200 pp.

APARICIO RUIZ, F., *Evolución, desde el nacimiento al sacrificio, de 11 medidas corporales en corderos merinos campañeses*, "Archivos de Zootecnia", 23 (91) (Córdoba, 1974), pp. 253-272.

APARICIO SANCHEZ, G., *Exterior de los grandes animales domésticos (Morfología externa)*, Córdoba, 1957, 324 pp.

APARICIO SANCHEZ, G., *Zootecnia especial. (Etnología compendiada)*, 4.^a ed., Córdoba, 1960, 498 pp.

BALCELLS, E., *Estudio biológico y biométrico de Myotis nattereri (Chir. Vespertilionidae)*, "P. Inst. de Biología Aplicada", XXIII, 1956, pp. 37-81.

- BALCELLS, E., *El Pirineo: contraste de paisajes; enlace de pueblos*, Comisión Internacional de los Pirineos. Ministerio de Asuntos Exteriores, 1976, 77 pp.
- BALCELLS, E., *Resumen fisiográfico del Alto Aragón occidental (Comunicación resumen)*, en "Actas del 1^{er}. Congreso Español de Antropología, 1, Barcelona, 1980, pp. 77-105.
- BALCELLS, E. y PUIGDEFABREGAS, J., *Vida ganadera-montana en el territorio S. Juan de Pie de Puerto-Ochogavía-Jaca-Biescas-Portalet de Tena*, "P.O.I. Cent. pir. Biol. exp.", 5 (Jaca, 1967), 20 pp.
- BARGMANN, W., *Histología y anatomía microscópica humana*, 3.^a ed., Ed. Labor, 1968, 956 pp.
- BATICLE, Yves, *L'élevage ovin dans les pays européens de la méditerranée occidentale*, "Publications de l'Université de Dijon", XLVII (Dijon, 1974), 600 pp. Tesis doctoral.
- BATSCHLET, E., *Matemáticas básicas para biocientíficos*, Ed. Dossat, Madrid, 1978, 675 pp.
- BELLOC, D.; APARICIO, F., y VERA y VEGA, A., *Nota sobre las relaciones entre la edad, peso del timo, peso de los testículos y el peso a la canal de ternascos rasos*, "Archivos de Zootecnia", 26 (104) (Córdoba, 1977), pp. 311-316.
- BENEVENT, M., *Croissance relative ponderale postnatale, dans les deux sexes, des principaux tissus et organes de l'agneau Merinos d' Arles*, "Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.", 11 (1) (1971), pp. 5-39.
- BERRILL, N.J., *The determination of size*, en WYLER, WEISS & HAMBURGER ed., *Analysis of Development*, Saunders Co., Philadelphia, 1955, pp. 620-630.
- BERTALANFFY, L. von, *General System Theory*, Allen Lane, The Penguin, 1968, 311 pp.

- BERTALANFFY, L. von, *Perspectivas en la teoría general de sistemas*, Alianza Editorial, Madrid, 1979, 166 pp.
- BISHOP, O.N., *Statistics for Biology*, 2.nd ed., Longman, London, 1966, 216 pp.
- BLAKE, C.D., *Fundamentals of Modern Agriculture*, Sidney University Press, 1967, 497 pp.
- BLANXART, D., *Materias textiles*, Impr. A. Ortega, 1954, 606 pp.
- BLAXTER, K. L., *Metabolismo energético de los rumiantes*, Ed. Acribia, Zaragoza, 1964, 314 pp.
- BLOOD, D.A. y col., *Weights and growth of Rocky Mountain Bighorn sheep in western Alberta*, "J. Wildl. Manage", 34 (1970), pp. 451-455.
- BLUNT, M.H. y otros, *The blood of sheep*, Springer-Verlag, Berlin, 1975, 250 pp.
- BOCCARD, R.; DUMONT, B-L; LEFEBVRE, J., *Etude de la production de la viande chez les ovins. V. note sur la croissance relative des régions corporelles de l'agneau*, "Annales de Zootechnie", 11 (1962), pp. 257-262.
- BOCCARD, R. et DUPLAN, J.M., *Etude de la production de la viande chez les ovins, III. Note sur l'influence de la vitesse de croissance sur la composition corporelle des agneaux*, "Annales de Zootechnie", 10 (1961), pp. 31-38.
- BOCCARD, R.; LE GUELTE, P.; ARNOUX, J., *Influence de la vitesse de croissance sur la valeur des coefficients d'allométrie des tissus corporels de l'agneau*, "C.R. Acad. Sci.", 258 (Paris, 1964), pp. 1908-1909.
- BROAD, T.E. and DAVIES, A.S., *Pre- and Postnatal Study of the Carcass Growth of Sheep. 1. Growth of Dissectable fat and its Chemical Components*, "Anim. Prod.", 31 (1980), pp. 63-71.

BRODY, S., *Bioenergetics and Growth*, Reinold Publ., New York, 1945, citado por KLEIBER, 1972.

CALVO PALACIOS, J.L., *Aísa, un valle pirenaico*, Universidad de Zaragoza, 1969, 361 pp. Trabajo de licenciatura.

CALVO PALACIOS, J.L. y colab., *Aragüés del Puerto. Un valle pirenaico*, "Pirineos", 101 (Jaca 1971), pp. 35-72.

CALLOW, E.H., *Comparative studies of meat. II. The changes in the carcass during growth and fattening, and their relation to the chemical composition of the fatty and muscular tissues*, "J. Agric. Sci.", 38 (Cambridge, 1948), pp. 174-199.

CANTIER, J.; VEZINHET, A.; ROUVIER, R.; DAUZIER, L., *Allométrie de croissance chez le lapin, (Oryctolagus cuniculus)*, "Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys.", 9 (1969), pp. 5-39.

CASTRILLO, O., *La composición corporal de los corderos de raza churra y su evolución en el transcurso del crecimiento*, "Anal. Fac. Vet. León", 21 (León, 1975), pp. 205-279.

CAVAILLES, H., *La vie pastorale et agricole dans les Pyrénées*, Thèse pour le Doctorat présentée a la Faculté des Lettres de l'Université de Paris, Librairie Armand Colin, Paris, 1931, 403 pp.

COLOMER, F. y ESPEJO, M., *Determinación del peso óptimo de sacrificio de los corderos procedentes del cruzamiento Manchego x Rasa Aragonesa en función del sexo*, "Anales del INIA. Serie: Prod. Animal", 1 (1971), pp. 103-133.

COLOMER, F. y ESPEJO, M., *Influencia del peso al sacrificio y del sexo sobre las características de las canales de cordero de raza Rasa Aragonesa*, "Anales del INIA. Serie Prod. Anim.", 4 (1973), pp. 133-150.

COUROT, M., *Développement du testicule chez l'agneau. Etablissement de la spermatogenèse*, "Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys.", 2 (1962), pp. 25-41, citado por CANTIER et al., 1969.

- DAUMAS, Max., *La vie rurale dans le Haut Aragon Orientale*. Tesis doctoral, Inst. Est. Oscenses y Geogr. Apl., CSIC, 1977, 774 pp.
- DIAZ MONTILLA, R., *Ganado lanar*, Salvat Ed., Barcelona, 1955, 408 pp.
- DUKES, H.H., *Fisiología de los animales domésticos*, Ed. Aguilar, Madrid, 1969, 962 pp.
- DUNBAR, G.A., *Aspects of Grazing Use in the Pyrenees*, "Tussock Grasslands and Mountain Lands Institute REVIEW", 31 (New Zeland, 1975), pp. 67-72.
- EMERY, R.S., *Lípidos y tejido adiposo*, en HAFEZ & DYER, *Desarrollo y nutrición animal*, Ed. Acribia, Zaragoza, 1972, pp. 290-314.
- ESPEJO DIAZ, M., *Mejora de la raza Rasa Aragonesa y su cruzamiento con la raza Ile de France. I. Descripción de la raza Rasa Aragonesa*, "Anales del INIA, Ser.: Prod. Anim.", 1 (1971), pp. 139-183.
- ESPEJO DIAZ, M.; CALVO, B. y DESVIGNES, A., *Mejora de la raza Rasa Aragonesa y su cruzamiento con la raza Ile de France. II. Aumento de las producciones*, "Anales del INIA Ser.: Prod. Anim.", 4 (1973), pp. 79-103.
- ESPEJO DIAZ, M. y COLOMER-ROCHER, F., *Ensayo piloto de control de rendimientos en ganado ovino de carne. Resultado de un año de controles*, "Anales del INIA Ser.: Prod. Anim.", 1 (1971(a)), pp. 53-67.
- ESPEJO DIAZ, M. y COLOMER-ROCHER, F., *Influencia del estado de engrasamiento y la conformación sobre el porcentaje de piezas de la canal ovina*, "Anales del INIA, Ser.: Prod. Anim.", 1 (1971(b)), pp. 73-93.
- ESPEJO DIAZ, M. y COLOMER-ROCHER, F., *Influencia del peso de la canal de cordero sobre la calidad de carne*, "Anales del INIA, Ser.: Prod. Anim.", 1 (1971(c)), pp. 93-103.
- ESPEJO DIAZ, M. y VALLS ORTIZ, M., *La producción de carne ovina y el cruzamiento industrial en España*, "Bulletin Technique du Departement de Genetique Animale", 25 (1976), pp. 45-64.

EVERITT, G.C., *Prenatal development of uniparus animals with particular reference to the influence of maternal nutrition in sheep*, en LODGE & LAMMING, eds., *Growth and development of mammals*, Butterworths, London, 1968, pp. 131-157.

FILLAT, F., *De la trashumancia a las nuevas formas de ganadería extensiva. Estudio de los valles de Ansó, Hecho y Benasque*. Tesis doctoral. Cent. pir. Biol. exp., Jaca, 1980(a).

FILLAT, F., *Explotación del Alto Aragón por la población humana. Explotación indirecta (ganadería)*, en *Actas del 1^{er} Congreso "Español de Antropología*, 1, Barcelona, 1980 b, pp. 67-74.

GALL, G.A.E., *Genética del crecimiento*, en HAFEZ & DYER, *Desarrollo y nutrición animal*, Ed. Acribia, Zaragoza, 1972, pp. 81-104.

GALLEGRO, L., *Ejemplo de trashumancia descendente desde Ansó a Barbués*, "P. Cent. pir. Biol. exp.", 1 (7) (Jaca, 1966), 15 pp.

GARCIA-GONZALEZ R., *Factores ambientales condicionantes del crecimiento de un grupo de corderos de raza Rasa Aragonesa en el Pirineo*, "Anales de Aula Dei", 14 (3-4) (Zaragoza, 1979), pp. 417-434.

GARCIA-GONZALEZ, R., *Crecimiento del esqueleto en corderos de raza Rasa Aragonesa ecotipo Ansotano. I. Cráneo*, "Publ. Cent. pir Biol. exp.", 12 (Jaca, 1981 a), pp. 101-123.

GARCIA-GONZALEZ, R., *Crecimiento del esqueleto en corderos de raza Rasa Aragonesa ecotipo Ansotano. II. Esqueleto apendicular*, "Publ. Cent. pir. Biol. exp.", 12 (Jaca, 1981 b), pp. 125-142.

GARCIA-GONZALEZ, R., *Crecimiento del esqueleto en corderos de raza Rasa Aragonesa ecotipo Ansotano, III. Esqueleto axial: Crecimiento alo-métrico, variación y anomalías vertebrales*, "Publ. Cent. pir. Biol. exp.", 12 (Jaca, 1981 c), pp. 143-154.

GARCIA-GONZALEZ, R., *Estudio de la osificación postnatal en ovinos de raza Rasa Aragonesa*, "Munibe", 34 (3-4) (San Sebastián, 1981 (d)), pp. 259-279.

- GARCIA-GONZALEZ, R., *Modelos generales del crecimiento: su aplicación al crecimiento postnatal del peso de varios elementos óseos en corderos*, "Munibe (Ciencias Naturales)", 38 (San Sebastián, 1986), pp.99-107.
- GARCIA RUIZ, J.M., *Cambios recientes en la Explotación Ganadera del Prepirineo*, Bol. de Infor. Cámara Ofic. de Comer. e Ind. de la prov. de Huesca, 1974.
- GARCIA RUIZ, J.M., *Modos de vida y niveles de renta en el Prepirineo del Alto Aragón Occidental*, Monografías del Instituto de Estudios Pirenaicos, 106, Jaca, 1976.
- GARCIA RUIZ, J.M. y BALCELLS, E., *Tendencias actuales de la ganadería en el Alto Aragón*, "Estudios Geográficos", 153 (Madrid, 1978).
- GARCIA RUIZ, J.M. y colab., *El valle de Urdués. Un estudio de geografía rural*, "Pirineos", 102 (Jaca, 1971), pp. 53-91.
- GOLLEY, F.B. y BUECHNER, H.K., *Productivity of large herbivores*, "IBP", 7, Blackwell Publ. Oxford, 1968, 308 pp.
- GOMEZ IBAÑEZ, D.A., *The Western Pyrenees: Differential Evolution of the French and Spanish Borderland* (Tesis doctoral), University of Wisconsin, 1972, 327 pp.
- GOULD, S.J., *Allometry and size in ontogeny and phylogeny*, "Biological Reviews", 41(4) (1966), pp. 587-640.
- GRASA, Comunicación personal, 1980.
- GRAHAM, N. McC., *Variation in energy and nitrogen utilisation by sheep between weaning and maturity*. "Aust. J. Agric. Res.", 31(2) (1980), pp. 335-345.
- GRAHAM, N. McC., SEARLE, T.W. & GRIFFITHS, D.A., *Basal metabolic rate in lambs and young sheep*, "Aust. J. Agric. Res.", 25 (1974), pp. 957-971.

- GRASSE, P.P., *Traité de Zoologie*, Tome XVI: *Mammifères*, Fasc. I: *Teguments et Squelette*, Masson et Cie, Paris, 1967, 1162 pp.
- GUERRA, A., *Fitting a von Bertalanffy expression to Octopus vulgaris growth*, "Inv. Pesq.", 43(1) (1979), pp. 319-326.
- GUYTON, A.C., *Tratado de fisiología médica*, 4.^a ed., Ed. Interamericana, 1971, 1084 pp.
- HAFEZ, E.S., *Adaptation of Domestic Animals*, Lea and Febiger, Philadelphia, 1968, 415 pp.
- HAMMOND, J., *Growth and the Development of Mutton Qualities in the sheep*, Oliver and Boyd, London. Edinburgh, 1932, 595 pp.
- HAMMOND, J., *Principios de explotación animal*, Ed. Acribia, Zaragoza, 1966, 363 pp.
- HELMAN, M.B., *Ovinotecnia*, 2 vol., El Ateneo, Ed. Buenos Aires, 1965, 1485 pp.
- HUXLEY, J.S., *Problems of relative growth*, Methuen, London, 1932, cito por SIMPSON & ROE, 1939, p. 371.
- JACKSON, T.H., *The allometric relation ships between carcass muscle and carcass bone in Scottish Blackface sheep*, "Animal Production", 9 (1967), pp. 531-533.
- KAY, R.N.B.; SHARMAN, G.A.M.; HAMILTON, W.J.; GOODALL, E.D.; PENNIE, K.; COUTTS, A.G.P., *Carcass characteristics of young red deer farmed on hill pasture*, "J. Agric. Sci. Camb.", 96 (Cambridge, 1981), pp. 79-87.
- KINGSLEY, M.C.S., *Fitting the von Bertalanffy growth equation to polar bear age-weight data*, "Can. J. Zool.", 57 (1979), pp. 1020-1025.
- KLEIBER, M., *Bioenergética Animal (el fuego de la vida)*, Ed. Acribia, Zaragoza, 1972, 428 pp. (*The fire of life*, 1961, Wiley & Sons).

- KOLB, E., *Physiologie des animaux domestiques*, Vigot Frères Ed., Paris, 1965, 918 pp.
- KOLB, H.H. & HEWSON, R., *The diet and growth of cubs in two regions of Scotland*, "Acta theriol", 25 (1980), pp. 325-331.
- KRUSKA, D., *Über die Evolution des Gehirns in der Ordnung Artiodactyla Owen, 1948, insbesondere der Teilordnung Suina Gray, 1868*, "Zeitschrift für Säugetierkunde", 35(4) (1970), pp. 214-237.
- LARGE, R.V., *The development of the lamb with particular reference to the alimentary tract*, "Animal Production", 6 (1964), pp. 169-178.
- LASIERRA, J.M., *Aportaciones al estudio de los polimorfismos bioquímicos en las razas ovinas españolas. (Hemoglobina en cinco ecotipos de la raza "Rasa Aragonesa"*, "Anales de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza", 9 (Zaragoza, 1974), pp. 349-373.
- LOPEZ-SANCHEZ, M.I., *Evolución de las características carniceras de las canales de los corderos Raso, Raso x Finés y Raso x Romanov, depósitos adiposos*, Monográfico IAMZ, Curso XII, Zaragoza, 1978.
- LOPEZ SEGURA, B., *Las ovejas de Zaragoza y Alto Aragón*, en *Actas del Ier. Cong. Vet. Zoott*, 2, Madrid, 1947, pp. 282-326.
- LOPEZ-VEIGA, E.C., *Fitting von Bertalanffy growth curves in short-lived fish species. A new approach*, "Inv. Pesq.", 43(1) (1979), pp. 179-186.
- MACFARLANE, W.V., *Distribution and Dynamics of Body Fluids in Sheep*, en BLUNT, *The Blood of Sheep*, Springer-Verlag, 1975, pp. 1-22.
- MARGALEF, R., *Ecología*, Ed. Omega, Barcelona, 1974, 951 pp.
- MARTIN, E. y col., *Desencadenamiento del ciclo sexual en animales prepúberes de raza Rasa Aragonesa*, "I.T.E.A.", 6 (Zaragoza, 1972), pp. 135-139.

- MAY, N.D.S., *Anatomía del ovino. Manual de disección*, Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, 1974, 561 pp.
- Mc CLELLAND, T.H. & RUSSELL, A.J.F., *The distribution of body fat in Scottish blackface and Finnish Landrace Lambs*, "Animal Production", 15 (1972), pp. 301-305.
- Mc DONALD, P.; EDWARDS, R.A. y GREENHALGH, J.F.D., *Nutrición animal*, Ed. Acribia, Zaragoza, 1975, 462 pp.
- McMANUS, W.R.; REID, J.T.; DONALDSON, L.E., *Studies of compensatory growth in sheep*, "J. Agric. Sci.", 79 (Cambridge, 1972), pp. 1-12.
- McMEEKAN, C.P., *Growth and development in the bacon pig with especial reference to carcass quality*, "J. Agric. Sci.", 30 (Cambridge, 1940), p. 511. (Citado en HAMMOND, 1966).
- MONTERRAT, P., *Vegetación de la Cuenca del Ebro*, "P. Cent. pir. Biol. exp.", 1(5) (Jaca, 1966), pp. 1-22. Mapa de vegetación en negro, 1:1.000.000.
- MONTERRAT, P., *El ambiente vegetal jacetano*, "Pirineos", 101 (Jaca, 1971), pp. 5-22 (acompañado de mapa de vegetación, color, 1:200.000).
- MONTERRAT, P., *La ganadería pirenaica*, "Munibe", 30(4) (San Sebastián, 1978), pp. 215-238.
- MORGAN, J.A. & OWEN, J.B., *The nutrition of artificially reared lambs*, "Animal Production", 16 (1973), pp. 49-57.
- OCAÑA, M., *Ensayo de planificación ganadera en Aragón*, Institución "Fernando el Católico", CSIC, Zaragoza, 1978, 435 pp.
- OJEDA, E., *Crecimiento y desarrollo de la oveja manchega*, "Anales del INIA, Serie Prod. Anim.", 10 (1979), pp. 45-60.

- PALSSON, H., *Conformation and body composition*, chap. 10, en *Progress in the Physiology of Farm Animals* (ed. J. HAMMOND), London, 1955. (Citado por HAMMOND, 1966).
- PALSSON, H. & VERGES, J.B., *The effect of the plane of nutrition on the shape of the ribs in lambs*, "J. Agric. Sci. Camb.", 64 (Cambridge, 1965), pp. 247-250.
- PIRLOT, P., *Morfología evolutiva de los Cordados*, Ed. Omega, Barcelona, 1976, 966 pp.
- POCZOPKO, P., *Metabolic rate and body size relationships in adult and growing homeotherms*, "Act. Theriol.", 24 (12) (1979), pp. 125-176.
- PRESCOTT, J.H., *The influence of castration on the growth of lambs in relation to plan of nutrition*, en RHODES, *Meat Production from Entire Male Animals*, Churchill Ltd., London, 1969, pp. 109-128.
- PUIGDEFABREGAS, J., *Avance para un estudio climatológico del Alto Aragón*, "Pirineos", 79-80 (Jaca, 1966), pp. 115-140.
- PUIGDEFABREGAS, J., *Explotación del Alto Aragón por la población humana. Introducción general y explotación de los productores primarios*, en *Actas del Primer Congreso Español de Antropología*, 1, Barcelona, 1980, pp. 53-66.
- PUIGDEFABREGAS, J., y BALCELLS, E., *Resumen sobre el régimen de explotación ovina trashumante en el Alto Aragón, especialmente en el valle de Ansó*, "P. Cent. pir. Biol. Exp.", 1(6) (Jaca, 1966).
- PUIGDEFABREGAS, J. y BALCELLS, E., *Relaciones entre la organización social y la explotación del territorio en el valle de El Roncal (Navarra oriental)*, "Pirineos", 98 (Jaca, 1970), pp. 53-89.
- PURCHAS, R.W., *Some effects of nutrition and castration on meat production from male Suffolk cross (Border Leicester-Romney cross) lambs. I. Growth and carcass quality*, "N.Z. Jour. Agric. Research.", 21(3) (1978), pp. 367-376.

- PUYO, J., *Notas de la vida de un pastor*, Ansó, 1967, 147 pp.
- REID, J.T. (ed.), *Body Composition in Animals and Man*, Publ. National Research Council, Washington, N.º 1598, 1968 (citado por CASTRILLO, 1975).
- REID, J.T. y col., "Annal N.Y. Acad. Sci", 110 (327) (1963) (citado por A.R.C., 1968).
- RICHARDS, O., *Paper from Tortugas Laboratory*, 29, 1935, p. 173 (citado por BOCCARD y col., 1964).
- ROBBINS, Ch. T.; MOEN, A.N. & REID, J.T., *Body composition of white-tailed deer*, "J. Anim. Sci.", 38(4) (Cambridge, 1974), pp. 871-876.
- ROBINSON, P., *The effect of suppermaintenance and submaintenance diets on nature Border Leicester-Cheviot ewes*, "J. Agric. Sci.", 38 (Cambridge, 1948), pp. 345-353.
- RODRIGO JIMENO, B.D., *Características más importantes de los ecotipos ovinos explotados en la región aragonesa*, "Symp. Prod. Ovina", 1970, pp. 491-494.
- ROMAGOSA, J.A., *Incremento de peso de corderos en estabulación*, "Ganadería", 22 (1964), pp. 127-128.
- ROMER, A.S., *Le Vertébré, animal double, somatique et visceral*, en *Resumé des Com. du VI Cong. Int. d'Anatomie*, París, 1955, 194 pp.
- ROUSE, G.H.; TOPEL, D.G.; VETTER, R.L.; RUST, R.E. & WICKERSHAM, T.W., *Carcass composition of lambs at different stages of development*, "J. Anim. Sci.", 31(5) (Cambridge, 1970), pp. 846-855.
- RUSSELL, T.S., *Modelos matemáticos de crecimiento*, en HAFEZ and DYER, *Desarrollo y nutrición animal*, Ed. Acribia, Zaragoza, 1972, pp. 454-462.

- RUSSELL, A.J.F. & BARTON, R.A., *Bone muscle relations-hips in lamb and mutton carcasses*, "J. Agric. Sci.", 68 (Cambridge, 1967), pp. 187-190.
- SANCHEZ BELDA, A., *La ganadería ovina en España*, "World Review of Animal Production" (1966), pp. 13-29.
- SANCHEZ BELDA, A. y SANCHEZ TRUJILLANO, M.C., *Razas ovinas españolas*, Publ. de Extensión Agraria, Ministerio de Agricultura, Madrid, 1979, 501 pp.
- SANZ ARIAS, R.; GONZALEZ, J.F. y ZORITA, E., *Crecimiento y producción de lana en las hembras de raza Churra*, "Anal. Fac. Vet. León", 20 (León, 1974), pp. 111-119.
- SAÑUDO, *La composición de la canal en el ternasco aragonés*, Monográfico. I.A.M.Z. Curso XIII, Zaragoza, 1979.
- SARAZA, J., *Exterior del caballo*, 3.^a ed., La Ibérica, Córdoba, 1942.
- SARAZA, R.; SOTILLO, J.L.; SERRANO, V.; TEJON, D.; PEREZ, T. y CUELLAR, L., *Ganadería española*, Ed. Nacional, Madrid, 1975, 193 pp.
- SCHALM, O.W., *Hematología Veterinaria*, Ed. Hispano Americana, México, 1964, 404 pp.
- SCHWARZE, E. y SCHRÖDER, L., *Compendio de anatomía veterinaria*, 5 tomos, Ed. Acribia, Zaragoza, 1970.
- SIERRA, I., *Resultado del cruce industrial en ganado ovino de raza Rasa Aragonesa*, "Anales de Aula Dei", 9 (2-4) (Zaragoza, 1969), pp. 373-381.
- SIERRA, I., *Crecimiento en corderos simples, dobles y triples en raza Rasa Aragonesa*, "Symp. Prod. Ovina" (1970), pp. 516-520.
- SIERRA, I., *Producción de cordero joven y pesado en la raza Rasa Aragonesa*, "Trabajos del Ins. de Econ. y Prod. Ganaderas del Ebro (I.E.P.G.E.)" 18 (Fac. Vet. Zaragoza, 1973).

- SIERRA, I., *Técnicas de explotación ovina en el Pirineo central*, "Anales de la Facultad de Veterinaria", 8 (Zaragoza, 1974), pp. 357-415.
- SIERRA, I., *El "ternasco" aragonés: descripción y características fundamentales*, "Trabajos del Ins. de Econ. y Prod. Ganad. del Ebro" (I.E.P.G.E.), 19 (Fac. Vet. Zaragoza, 1974 a).
- SIERRA, I., *Resultados iniciales del cruce RomanovxRasa Aragonesa*, en *III Reunión Nacional de Centros de Investigación ganadera*, Córdoba, 1974 b, pp. 313-320.
- SIERRA, I. y ESPEJO, M., *Resultados del cruce en primera generación de la raza Finesa sobre la Rasa Aragonesa, crecimiento y actividad sexual*, "Anales del INIA. Serie Prod. Anim.", 4 (1973), pp. 111-117.
- SIMPSON, PH. D. & ROE, A., *Quantitative Zoology*, McGraw-Hill Com., London, 1939, 414 pp.
- SISSON, S. y GROSSMAN, J.D., *Anatomía de los animales domésticos*, Salvat Ed., Barcelona-Madrid, 1959, 952 pp.
- SKINNER, J.D.; BOOTH, W.D.; ROWSON, L.E.A. & KARG, H., *The post-natal development of the reproductive tract of the Suffolk ram, and changes in the gonadotrophin content of the pituitary*, "J. Reprod. Fert.", 16 (1968), pp. 463-477 (Citado por BENEVENT, 1971).
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J., *Biometría*, Blume, Madrid, 1979, 832 pp.
- SOLER, M. y PUIGDEFABREGAS, C., *Esquema litológico del Alto Aragón occidental*, "Pirineos", 106 (Jaca, 1972), pp. 5-15.
- SPEDDING, C.R.W., *The Biology of Agricultural Systems*, Academic Press, London, New York, San Francisco, 1975, 261 pp.
- SRIVASTAVA, V.K. & ROY, A., *The influence of seasons of birth and age on the carcass quality of Magra lambs*, "Indian J. Anim. Sci.", 39 (1969), pp. 294-306.

- SRIVASTAVA, V.K. & ROY, A., *The influence of season, birth, age and nutrition on the organ weights of Magra lambs*, "Indian J. Anim.", 41 (1971), pp. 1060-1065.
- THOMASSET, L.F., *A study of development of the fleece during growth in the different regions of the body*, "J. Agric. Sci.", 28 (Cambridge, 1938), p. 523.
- VALENZUELA FUERTES, M.C., *Pervivencia del régimen trashumante en el Pirineo español: el ejemplo del Valle de Ansó*, en *Aportación española al XXI Cong. Geográfico Inter.*, Madrid, 1968, pp. 443-447.
- VALLEJO, M.; ZARAZAGA, I. y SIERRA, I., *Relaciones genéticas entre diversos ecotipos de la raza Rasa Aragonesa y las razas Merina y Manchega*, "Anales de la Facultad de Veterinaria", 11-12 (Zaragoza, 1978), pp. 235-244.
- VALLS, M., *Contribución al estudio del ovino gallego I. Características de formato y componentes de la productividad numérica*, "Anales del INIA. Ser. Prod. Anim.", 10 (1979), pp. 61-76.
- VERA Y VEGA, A., *Posibilidades de resolución del desequilibrio en recursos alimenticios de la ganadería del Pirineo Central español*, "Sociedad Española Estudio Pastos V Rev. Científ." (1964), pp. 15-18.
- VERA Y VEGA, A.; APARICIO RUIZ, F.; GARCIA ARROYO, L. y GALAN, P., *Comportamiento de la raza ovina manchega en la producción de carne*, Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Madrid, 1979, 143 pp.
- VERGES, J.B., *The effect of plane of nutrition of the ewe on weight and development of the lamb at birth*, "Proc. 4th Cong. Animal Breeding" (Zürich, 1939). Citado por HAMMOND, 1966.
- VEZINHET, A. & PRUD'HON, M., *Evolution of various adipose deposits in growing rabbits and sheep*, "Anim. Prod.", 20 (1975), pp. 363-370.

- VISSAC, B., *Production de viande de bovins*, en *Techniques Agricoles. Encyclopedie Agricole Permanente. III partie (Productions Animals)*, Fasc. 3370, 3375 et 3380, Ed. Techniques, Paris, 1963.
- WALLACE, L.R., *Growth of lambs before and after birth in relation to the level of nutrition (Part. I, II and III)*, "J. Agric. Sci.", 38 (Cambridge, 1948), pp. 93-153, 243-302, 367-401.
- WARDROP, I.D., *The post-natal growth of the visceral organs of the lamb (part. II). The effect on diet on growth rate, with particular reference to the parts of the alimentary tract*, "J. Agric. Sci.", 55 (Cambridge, 1960), pp. 127-132.
- WARDROP, I.D. & COOMBE, J.B., *The post-natal growth of the visceral organs of the lamb. I. The growth of the visceral organs of the grazing lamb from birth to sixteen weeks of age*, "J. Agric. Sci. Camb.", 54 (Cambridge, 1960), pp. 140-144.
- WARDROP, I.D. & COOMBE, J.B., *The development of rumen function in the lamb*, "Australian Journal of Agricultural Research", 12 (1961), pp. 661-680.
- WIENER, G., *A comparison of the body size, fleece weight and maternal performance of five breeds of sheep kept in one environment*, "Anim. Prod.", 9 (1967), pp. 177-195.
- WIENER, G. and HAYTER, S., *Body size and conformation in sheep from birth to maturity as affected by breed, crossbreeding, maternal and other factors*, "Anim. Prod.", 19 (1974), pp. 47-65.
- WOOD, A.J. & COWAN, I. McT., *Post natal growth*, en GOLLEY & BUECHNER, *Productivity of Large Herbivores*, IBP n.º 7, Blacwell, Oxford, 1968, pp. 106-113.
- YEATES, N.T.M., *Avances en Zootecnia*, Ed. Acribia, Zaragoza, 1967, 403 pp.
- YOUNG, J.Z., *La vida de los vertebrados*, Ed. Omega, Barcelona, 1971 (*The life of Vertebrates*, Oxford, 1950).

ZAMORA LOZANO, M., *Aportación al estudio de las posibilidades productivas del ciervo (Cervus elaphus L.)*, "Archivos de Zootecnia", 23 (91) (Córdoba, 1974), pp. 211-245.

ZARAZAGA, I. y VERA y VEGA, A., *Experiencias de recría de corderos merinos y rasos ansotanos*, "Archivos de Zootecnia", 9 (34) (1960), pp. 148-187.

ZOBRISKY, S.E., *Hueso*, en HAFEZ & DYER ed., *Desarrollo y nutrición animal*, Ed. Acribia, Zaragoza, 1972, pp. 267-289.

8. INDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 2.1.	31
TABLA 2.2.	32
TABLA 3.1.....	37
TABLA 3.2.....	39
TABLA 3.3.	41
TABLA 4.1.1.....	50
TABLA 4.1.2.....	51
TABLA 4.1.3.....	55
TABLA 4.1.4.....	66
TABLA 4.1.5.....	68
TABLA 4.1.6.....	69
TABLA 4.1.7.....	70
TABLA 4.1.8.....	73
TABLA 4.1.9.....	81
TABLA 4.1.10.....	90
TABLA 4.1.11.....	92
TABLA 4.1.12.....	96
TABLA 4.1.13.....	97
TABLA 4.1.14.....	100
TABLA 4.2.1.....	106
TABLA 4.2.2.....	111
TABLA 4.3.1.....	114
	301

TABLA 4.3.2.....	119
TABLA 4.3.3.....	122
TABLA 4.3.4.....	129
TABLA 5.1.....	141
TABLA 5.2.....	144
TABLA 5.3.....	152
TABLA 5.4.....	155
TABLA 5.5.....	161
TABLA 5.6.....	168
TABLA 5.7.....	169
TABLA 5.8.....	187
TABLA 5.9.....	198
TABLA 5.10.....	202
TABLA 5.11.....	212
TABLA 5.12.1.....	221
TABLA 5.12.2.....	229
TABLA 5.13.....	232
TABLA 5.14.....	234
TABLA 5.15.....	238
TABLA 5.16.....	243
TABLA 5.17.....	249
TABLA 5.18.....	255
TABLA 5.19.....	257
TABLA 5.20.....	259
TABLA 5.21.....	264
TABLA 5.22.....	271

9. INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 3.1.....	40
FIGURA 4.1.0.....	47
FIGURA 4.1.1.....	59
FIGURA 4.1.2.....	74
FIGURA 4.1.3.....	79
FIGURA 4.1.4.....	82
FIGURA 4.1.5.....	87
FIGURA 4.2.1.....	107
FIGURA 4.2.2.....	110
FIGURA 4.3.1.....	115
FIGURA 4.3.2.....	120
FIGURA 4.3.3.....	121
FIGURA 4.3.4.....	125
FIGURA 4.3.5.....	127
FIGURA 5.0.....	136
FIGURA 5.1.....	145
FIGURA 5.2.....	157
FIGURA 5.3.1.....	178
FIGURA 5.3.2.....	179
FIGURA 5.3.3.....	180
FIGURA 5.3.4.....	181
	303

FIGURA 5.3.5.....	182
FIGURA 5.3.6.....	183
FIGURA 5.3.7.....	194
FIGURA 5.4.....	239
FIGURA 5.5.1.....	203
FIGURA 5.5.2.....	204
FIGURA 5.6.1.....	215
FIGURA 5.6.2.....	216
FIGURA 5.7.....	247
FIGURA 5.8.1.....	252
FIGURA 5.8.2.....	253



Excmo. Diputación Provincial
HUESCA